LA ELECTRONICA EN LA AGRICULTURA

NUEVAS TECNOLOGIAS

BIBLIOTECA DE ELECTRONICA/INFORMATICA





BIBLIOTECA DE ELECTRONICA/INFORMATICA

LA ELECTRONICA EN LA AGRICULTURA



Esta obra es una nueva edición actualizada y ampliada de la obra originalmente publicada por Marcombo, S.A. de Boixareu editores, con el título de «Aplicaciones de la Electrónica»

El contenido de la presente obra ha sido realizado por Marcombo, S.A. de Boixareu editores, bajo la dirección técnica de José Mompin Poblet, director de la revista «Mundo Electrónico»

ISBN 84-7634-485-6 (Obra completa)
ISBN 84-7634-578-X (Vol. 15)
D. L.: B. 10447-1986

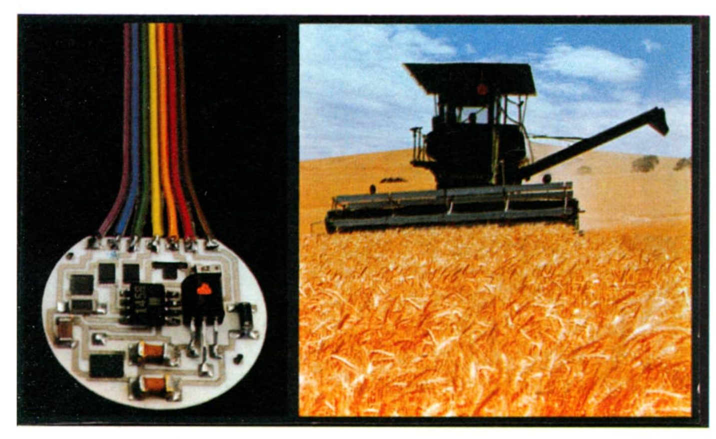
Impreso y encuadernado por
Printer industria gráfica sa Provenza, 388 08025 Barcelona
Sant Vicenç dels Horts 1986

Printed in Spain

La Electrónica en la agricultura

«AGRONICA»: UNA NUEVA RAMA DE LA TECNICA

La expresión «Agrónica» es de reciente creación; ni tan siquiera se puede encontrar en el diccionario de la Real Academia de la Lengua. Sin embargo, y fruto posiblemente de su divulgación a través de la prestigiosa revista profesional «Mundo Electrónico», el término no solamente empieza a ser aceptado por doquier sino que se estima que en un futuro no muy lejano constituirá una nueva rama de la técnica electrónica, igual que en su momento lo constituyeron la telemática, robótica, bioingeniería, microinformática, etc.



La Electrónica y la Informática, según veremos en este libro, tienen un futuro prometedor en el medio agrícola y ganadero. Las modernas máquinas agrícolas empiezan a incorporar ya un gran número de dispositivos electrónicos, incluso microprocesadores y microcomputadores.

Agrónica puede definirse como la aplicación de la Electrónica, la Informática y las Telecomunicaciones en la agricultura y la ganadería a fin de mejorar en cantidad y calidad la producción del llamado Sector Primario.

La aparición de la Agrónica plantea problemas científicos,

UNA CLASIFICACION DE LAS APLICACIONES DE LA AGRONICA

Por tratarse de una técnica tan reciente es difícil hallar voces autorizadas que presenten una clasificación definitiva de las aplicaciones de la Agrónica; nosotros presentamos la siguiente:

1) Medios para el control de la plantación.
2) Medios para la protección y control de las condiciones de desarrollo de la producción.
3) Medios para el control de la produccón y su almacenamiento.
4) Infraestructura del medio agropecuario.
5) Diversos medios de ayuda a la gestión agropecuaria.

Analizaremos cada uno de los puntos expuestos en los apartados siguientes.

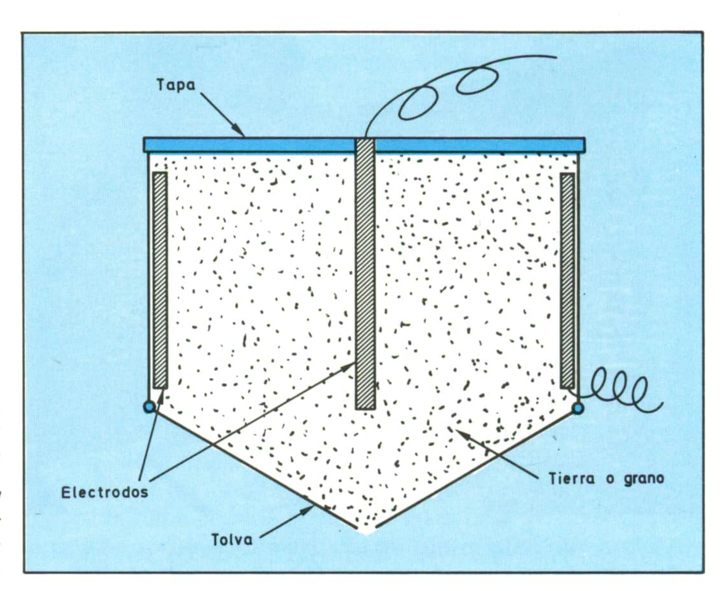


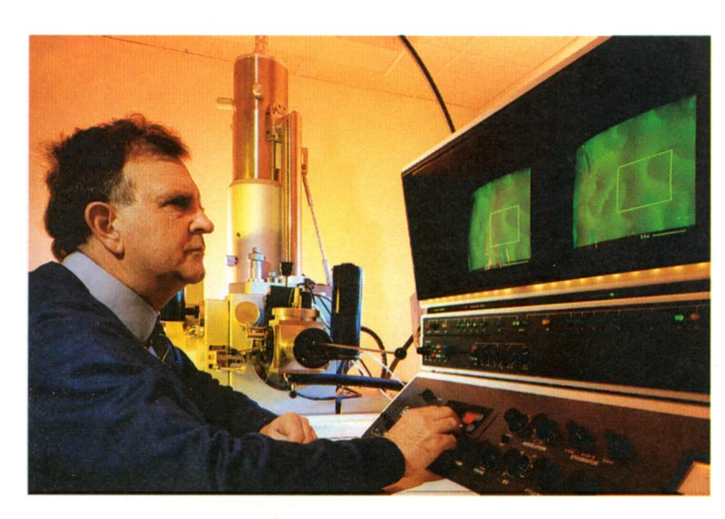
Figura 3. Medidor de humedad del suelo o granos, por el método de la conductividad. Aprovecha la propiedad de que disminuye el valor resistivo que presenta la tierra humedecida.

MEDIOS PARA EL CONTROL DE LA PLANTACION

Son todos aquellos dispositivos o sistemas electrónicos utilizados en la preparación del suelo y de la siembra. Esta

preparación consiste en remover la tierra, preparar los surcos y abonarla. Naturalmente, cada tipo de sembrado requiere un tratamiento diferente con objeto de obtener un rendimiento final óptimo.

Resulta elemental comprender que la primera fase de todo el proceso consiste en conocer con exactitud las características físicas y químicas del suelo elegido para la siembra o plantación, de manera que se pueda determinar el tipo y variedad de cultivo, así como el abono o fertilizante más adecuado al medio.



La investigación del comportamiento de las plantas desde el punto de vista de la adaptación de diferentes medios, su reacción al ataque de mohos, la resistencia genética y otros cauces de exploración, se ven favorecidos con la utilización de microscopios electrónicos de gran aumento. (Cortesía: John Imnes Institute).

Los parámetros físico-químicos más interesantes a tener presentes suelen ser la *acidez del suelo* y su *humedad*; otros factores, tales como nitrógeno, azufre o salinidad, etc. se suelen realizar en laboratorios químicos mediante técnicas analíticas convencionales.

La humedad del suelo se acostumbra a medir mediante *conductímetros*. Existen dos métodos de medida; el primero consiste en tomar una pequeña cantidad de tierra e introducirla en un pozo dentro del cual se ubican los electrodos (figura 3), a través de los cuales se hace pasar una corriente eléctrica de algunos kilohercios. El segundo método consiste en clavar en el suelo un electrodo formado por dos cilindros metálicos coaxiales aislados entre sí, a

través de los cuales se hace pasar una corriente para medir la impedancia en corriente alterna, siendo la resistencia (impedancia) menor cuanto mayor sea la humedad del terreno, pudiéndose calibrar el instrumento en términos de aquel parámetro; en ambos casos la lectura del grado de humedad del terreno se presenta en un instrumento electrónico dotado de una escala graduada.

La acidez del suelo se mide utilizando cualquiera de la gran variedad de pH-metros electrónicos portátiles de los que se comercializan actualmente.

La Electrónica en los vehículos agrícolas

La aplicación de la Electrónica en vehículos para la agricultura se demuestra que viene motivada por dos necesidades básicas: aumento de la productividad y mejora de la protección. El aumento de la productividad significa ganancias de las prestaciones de las máquinas y del rendimiento del operador. La mejora de la protección significa la prevención contra fallos de una maquinaria siempre cara y sistemas más efectivos para proteger al operador.

En primer lugar se describen las razones de las mejoras necesarias en productividad y protección, y después expondremos algunos ejemplos de sistemas electrónicos actuales utilizados en agricultura. Finalmente, se consideran los futuros sistemas electrónicos y muchos ejemplos de anticipación de sistemas agrícolas de la siguiente generación que están actualmente en desarrollo.

Durante el decenio de los años 70 hemos asistido a la explosión de los desarrollos tecnológicos en Electrónica y su aplicación a toda clase de productos de la vida diaria, desde los hornos de microondas a los vehículos motorizados. De forma más específica, la aplicación de la Electrónica a los automóviles de turismo ha proporcionado las bases para su aplicación a las máquinas agrícolas. Las cualidades esenciales que han acelerado el ritmo de esta revolución tecnológica, son:

1) Disponibilidad de microprocesadores potentes y de bajo coste.
2) Disponibilidad de memorias de semiconductor de bajo coste y de gran capacidad.
3) Espectaculares incrementos de la fiabilidad de la Electró-

nica en el entorno físico, junto con un coste y un consumo de energía reducidos.

4) Desarrollo de amplias técnicas de ingeniería de sistemas capaces de absorber y aplicar nuevas tecnologías de forma rápida y efectiva.

La aplicación de la Electrónica a vehículos de turismo y camiones existe gracias a una gran variedad de razones, entre las que se incluyen las normas gubernamentales (emisiones, economía de combustible, seguridad, etc.), diagnósticos, comodidad, distracción y comunicaciones.



Otra aplicación de los satélites es la de concentrar la observación sobre las carreteras, vías de comunicación y zonas agrícolas, para ver la influencia que ejerce el tiempo y su posterior predicción, especialmente el hielo. La «huella térmica» de los mapas se obtiene con instrumentos adecuados y sensores fijos, con aplicación infrarroja desde un vehículo en movimiento. La agricultura se ve favorecida con este servicio porque las explotaciones agrícolas deben estar siempre bien comunicadas, especialmente si se combinan con la ganadería en las explotaciones agropecuarias. (Cortesía: Thermal Mapping International).

La aplicación de la Electrónica a las máquinas para la agricultura está apareciendo como dijimos por dos razones básicas: mejora de la productividad y mejora de la protección (tanto la de la máquina como la del operador).

En una definición de la productividad de la máquina no sólo se incluye el óptimo ritmo de trabajo (cosechando, segando, etc.), sino también los costes asociados con dicho ritmo óptimo de trabajo, como son la *economía de combustible* por hora y la *cantidad de fertilizante* aplicada por hectárea, por ejemplo.

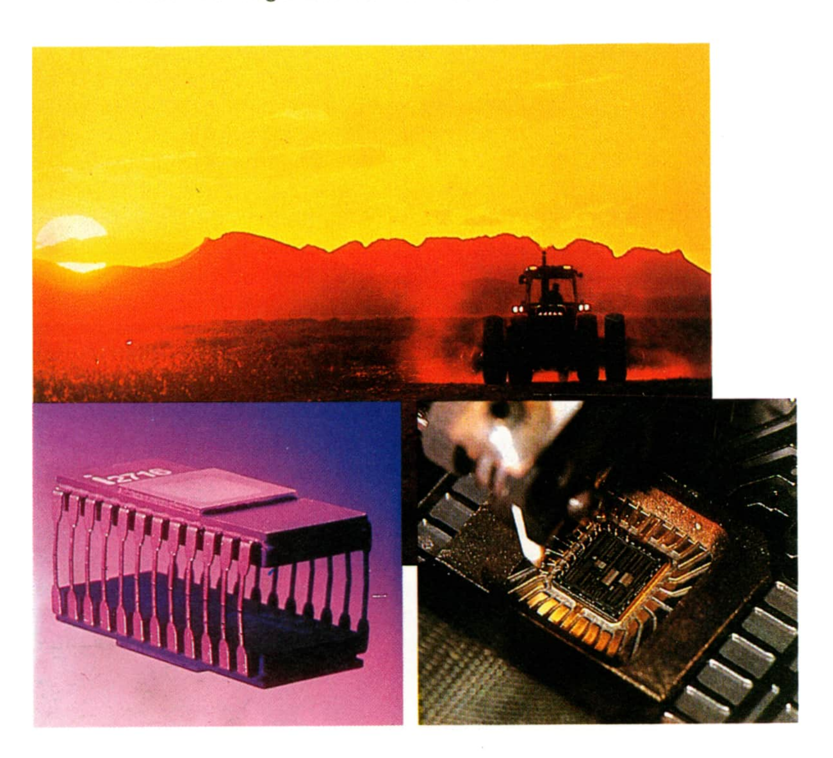


Diversidad de paneles de control y gobierno totalmente electrónicos fabricados por la empresa TRW, de aplicación en distintos tipos de máquinas agrícolas: tractores, cosechadoras, empaquetadoras, regadoras, trilladoras, etc. (Cortesía: Industrias Jordá).

A veces, resulta claramente más importante para un campesino completar una determinada operación (segado, recolección) antes de la venida del mal tiempo, en lugar de continuar la operación bajo control óptimo programado. Por tanto, los sistemas electrónicos deben ofrecer también la flexibilidad para hacer funcionar el vehículo de forma no óptima para terminar una tarea en poco tiempo a expensas de la economía de combustible, cuando las condiciones imponen este requisito.

El segundo elemento de la productividad corresponde al operador. En ausencia de equipo completamente automatizado, es esencial que el diseñador del sistema optimice las funciones del operador en el sistema, tanto si se trata de

detectar, calcular o actuar, o bien todas estas funciones al mismo tiempo. La integración en condiciones no óptimas de las funciones del operador en el sistema completo, probablemente comprometerá la productividad global de la máquina. Por ejemplo, la economía de combustible y la productividad de un tractor conseguidas con un control electrónico del



motor y de la transmisión pueden quedar comprometidas si el operador es el único que determina el deslizamiento de las ruedas. Más adelante se describen ejemplos adicionales de mejoras de la productividad del operador.

La agricultura depende cada día más de la microelectrónica, ya que los semiconductores controlan el funcionamiento de las máquinas: tractores, cosechadoras, dispositivos de riego, etc.

La *protección,* así como la *productividad*, es extremadamente importante para los propietarios de maquinaria agrícola. El campesino y el granjero, por regla general, son los que tienen la inversión de capital por empleado más elevada de toda la industria. Por tanto, es esencial para él que estas grandes y costosas máquinas tengan sistemas

adecuados de *diagnóstico y vigilancia* para mantener informado al operador sobre las zonas de problemas potenciales, y para diagnosticar el tipo y localización de cualquier malfunción cuando se produce. Estos sistemas no sólo protegen la inversión del propietario, sino que también ayudan a asegurar que la máquina esté disponible cuando se necesita y, por tanto, protege sus expectativas de productividad.

El tamaño potencial y la finalidad de este mercado mundial de los vehículos agrícolas puede comprenderse considerando que sólo la producción mundial de tractores es de un millón de unidades al año, mientras la de cosechadoras es de unas 200.000.

Durante la próxima década veremos el completo establecimiento de sistemas de ingeniería totales combinados con microelectrónica para ofrecer niveles de productividad y protección óptimos a los propietarios de maquinaria agrícola. Finalmente, puede que sea posible eliminar la necesidad de operadores y asistiremos a la evolución de *robots electrohidráulicos autopropulsados* y sin conductor por nuestros campos.

La necesidad de sistemas electrónicos para Agrónica sigue una secuencia jerárquica de desarrollo. En primer lugar deben desarrollarse sistemas sencillos, como los que se utilizan para controlar las funciones operativas de los elementos de transmisión de energía. Estos pueden ir seguidos por sistemas de control total del vehículo como los empleados para controlar automáticamente la posición y la maniobra del vehículo. Finalmente, se están desarrollando sistemas completos de automatización para una determinada granja.

Desde luego, la historia demuestra que las máquinas a las que se ha aplicado la Electrónica adquieren unas características considerablemente mejoradas. Todos hemos asistido a las notables mejoras de precisión y fiabilidad conseguidas al acoplar aquélla a dispositivos mecánicos como relojes y cámaras fotográficas. Además de muchas ventajas adicionales, su impacto en los equipos agrícolas está previendo adelantos similares.

A continuación se resumen las razones impuestas y las ventajas derivadas por la aplicación de la Electrónica a los vehículos agrícolas.

1) Se obtiene un ahorro de energía y mejora del rendimiento

en el trabajo, independientemente del nivel de pericia del operador.

2) Se obtiene una mayor seguridad mediante el paro automático ante fallos y con control remoto (sin operador) en zonas de trabajo peligrosas.

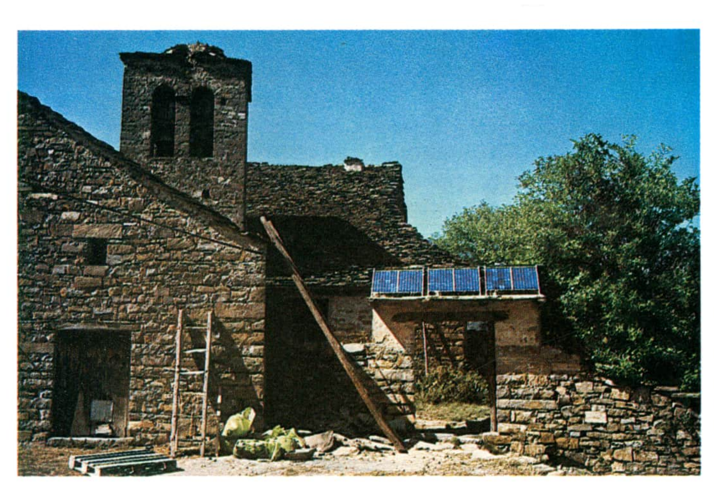
3) Se consigue una mayor fiabilidad mediante los equipos electrónicos para el diagnóstico de a bordo del vehículo y los avisos automáticos prematuros para malfunciones de las máquinas.

4) Se están creando nuevas funciones de la maquinaria agrícola gracias al empleo de controles inteligentes programables.

La Electrónica en las máquinas plantadoras

Los primeros equipos de granja que han sido afectados de forma importante por la Electrónica fueron las plantadoras. Por definición, la operación de plantado requiere una firme y repetitiva colocación de las semillas para producir una población del campo con una distribución en hileras predeterminada. El operador no puede determinar fácilmente si esta operación se está produciendo correctamente, debido a que después de la fase de plantado, sólo hay disponibles dos opciones.

1) Descubrimiento periódico de cada hilera plantada para determinar si las semillas fueron efectivamente plantadas.

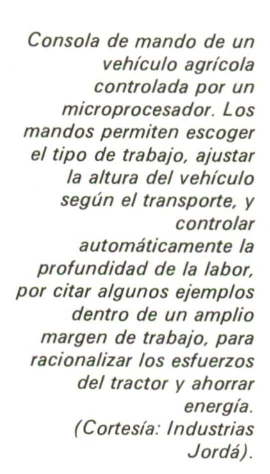


Con la aparición de las células solares fotovoltaicas, núcleos aislados de viviendas y, en general, la población rural que se dedica a la agricultura y/o ganadería, han hecho posible que con la electricidad se incorporen a todos los avances tecnológicos.

2) Esperar el nacimiento de las plantas y buscar los lugares vacíos.

Desafortunadamente, cuando por fin aparecen dichos lugares vacíos, muchas veces es demasiado tarde para llenarlos o, en el mejor de los casos, deben replantarse manualmente. Todas estas operaciones subsiguientes significan un esfuerzo que puede evitarse y que disminuye en gran medida la productividad de una plantación.





Consola de mando de un vehículo agrícola controlada por un microprocesador. Los mandos permiten escoger el tipo de trabajo, ajustar la altura del vehículo según el transporte, y controlar automáticamente la profundidad de la labor, por citar algunos ejemplos dentro de un amplio margen de trabajo, para racionalizar los esfuerzos del tractor y ahorrar energía. (Cortesía: Industrias Jordá).

Una solución mejor consiste en determinar por adelantado que la semilla se ha plantado efectivamente, para lo que se necesita una técnica para detectar el flujo de semillas a través de un tubo de caída. En la actualidad se utilizan dos soluciones: acústica, y detección fotoeléctrica. Los detectores que emplean monitores acústicos de flujo de semillas eliminan la necesidad de limpieza que precisan los monitores que emplean detección fotoeléctrica. Por otra parte, los sistemas basados en detectores fotoeléctricos contienen luces de hilera que destellan cuando las semillas pasan por cada detector fotoeléctrico; si una hilera de siembra queda completamente bloqueada, suena una alarma acústica.

Es deseable tener una indicación de la población real de semillas plantadas, lo que asegura que la plantadora está trabajando adecuadamente y que tiene una puesta a punto correcta. Muchos sistemas electrónicos modernos tienen esta capacidad y disponen de una pantalla en la que se indica el número de semillas plantadas en una longitud predeterminada o una indicación del ritmo plantado de semillas para cada hilera.

Cuando se emplea una medición de la *verdadera velocidad del suelo* (respecto a la máquina) determinada por radar, se consigue una mejora adicional, ya que permite tener una indicación más precisa de la distribución de las semillas. La evolución más reciente en la Electrónica orientada a la vigilancia de plantadoras consiste en un sistema superautomático que permite variar las velocidades de la plantadora mientras anda, y mantener una velocidad de plantado predeterminada. Esta característica, tal como se presenta por ejemplo en el sistema Monitor TM de John Deere, proporciona un control continuo de la densidad de distribución de semillas con el fin de permitir la plena utilización de la capacidad de un campo para soportar una determinada proporción de cultivo.

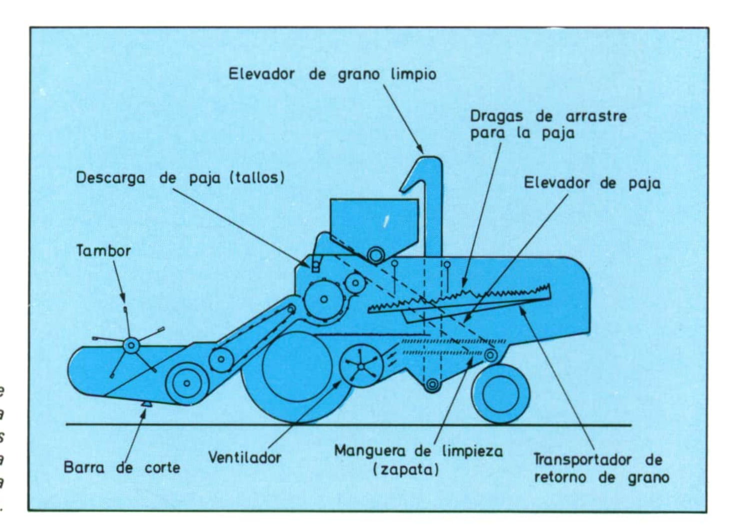
La Electrónica en las cosechadoras

Las cosechadoras son quizá las máquinas más complejas, así como las más caras, que se emplean en agricultura. En consecuencia, siempre ha habido una conciencia clara de la necesidad de protección de estas máquinas. Esta necesidad se ve además ampliada por la limitación del tiempo de siega disponible para cada cultivo. Como la actividad de la cosechadora representa la culminación del trabajo de un año y la fuente de ingresos de todo un año, la eliminación, o por lo menos la minimización de los tiempos de paro es de capital importancia. Por ello, la posibilidad de detectar un fallo antes de que se produzca una gran avería se ha visto agravada además por la introducción en las máquinas agrícolas de cabinas con aire acondicionado y a prueba de ruidos.

Determinar que todas las transmisiones funcionan, por lo menos a una velocidad mínima, es un elemento fundamental en la protección de las cosechadoras. Para conseguir este requisito, se han desarrollado monitores electrónicos que detectan la disminución de velocidad de ejes de transmisión

críticos; si la velocidad de un eje desciende por debajo de un valor predeterminado, destella una luz y suena una alarma.

Un ejemplo de un sistema monitor comprensivo es el que se suministra actualmente en la cosechadora White Farm 9700 de TRW Eagle Controls Division. Además de monitorizar las velocidades de los ejes del motor, del patín, del ventilador, de la cortadora, del elevador de grano y del elevador de desecho, también monitoriza la presión del aceite y pone en marcha una alarma de presión baja de aceite



Dibujo esquemático de los componentes para realizar las funciones esenciales de una segadora típica autopropulsada.

con un nivel de umbral que depende de la velocidad del motor. La unidad también tiene una alarma de nivel bajo de combustible, una alarma de sobretensión y otra de tensión baja y unos sensores que monitorizan la temperatura del refrigerante y su nivel, el freno de mano, el filtro del aire, el llenado del recipiente de desecho, el nivel del aceite del sistema hidráulico y la temperatura del aceite de dicho sistema. La velocidad del ventilador, la velocidad de la máquina respecto del suelo, la velocidad del motor, la velocidad del eje, el nivel de combustible y la tensión de alimentación pueden seleccionarse para su presentación sobre un visualizador o panel digital. Los canales de temperatura del refrigerante y de presión del aceite activan

un sistema electrónico de interrupción automática del vehículo, el cual, si es necesario, puede inactivarse temporalmente.

Una disposición modular de los equipos electrónicos permite al usuario, al campesino, configurar el sistema para sus necesidades específicas.



Panel de mando de un vehículo agrícola que sirve para controlar la velocidad y otros parámetros típicos. (Cortesía: Industrias Jordá).

La función fundamental de una cosechadora es separar el grano de la paja, almacenar el grano y volver a depositar la paja en el campo. Es deseable disponer de alguna medida del rendimiento con que la máquina está realizando la función de la cosecha, para lo que existen monitores de pérdidas que miden la cantidad de grano que no se ha separado con éxito de la paja. Se utilizan una serie de sensores situados estratégicamente en una zona de caída de descarga, así como en las zonas de descarga de la draga de

arrastre y del rotor. Estos sensores producen una señal con el impacto del grano, pero no así con el impacto de otros materiales.

Los monitores de pérdidas de grano tienen un conmutador selector que permite la compensación de la salida de señal del sensor de impacto según el tipo de grano que se cosecha. Una vez conseguida una pérdida de grano por hectárea aceptable, se ajusta a mitad de escala un instrumento de lectura. Si la señal de pérdida de grano varía de forma significativa con respecto al valor prefijado, el medidor se mueve y se ilumina un indicador luminoso para alertar al operador para que realice el necesario ajuste de la velocidad de la máquina a fin de restablecer la tasa de pérdidas por hectárea aceptable y elegida anteriormente.

Control de la velocidad del tambor de la cosechadora

Para maximizar la productividad de una cosechadora, también es necesario asegurar que la cosecha entra de forma eficiente en la máquina. Los estudios que cuantifican los efectos de la velocidad del tambor sobre la pérdida en el cabezal colector son bien conocidos. Los sistemas de control de velocidad del tambor, descritos más adelante, relevan al operador de la necesidad de ajustar continuamente la velocidad del tambor de acuerdo con las condiciones cambiantes de la velocidad relativa del suelo respecto a la máquina. La agresividad correcta y más eficiente velocidad del tambor se mantiene automáticamente, de manera que el tambor no gire de forma demasiado rápida y haga saltar prematuramente el grano de los tallos, ni gire demasiado lentamente para que el grano no entre en el mecanismo de recogida del cabezal.

Con los sistemas electrónicos actuales se miden tanto la velocidad del tambor como la velocidad del suelo. Si la velocidad del tambor no está relacionada adecuadamente con la velocidad del suelo para obtener una eficiente recolección de la cosecha, se genera una señal de corrección que altera el flujo de una válvula hidráulica, la cual varía la velocidad de un motor hidráulico que controla a su vez la velocidad del tambor.

Control de la altura del cabezal de la cosechadora

La altura del corte de los cultivos también tiene una

importante influencia sobre el rendimiento del proceso de la cosecha y la productividad de la cosechadora. Por ejemplo, si una cosecha se corta demasiado alta, la cortadora puede perder espigas que, por tanto, no se recolectarán. Por otra parte, un corte demasiado cercano al suelo produce una innecesaria recolección de escombros y de tierra, introduciendo materiales que no son grano. Esto carga la máquina con material no cosechable y reduce la capacidad de la cosechadora.



La microelectrónica es la base sobre la que se asientan los modernos avances tecnológicos que se están introduciendo también en la agrónica.

Se empiezan a aplicar de forma efectiva controles electrónicos para detectar la altura de la cuchilla (barra de corte) sobre el suelo y para producir señales correlativas

necesarias para posicionar el cabezal mediante un sistema de control electrohidráulico especial.

El sistema de control es un sistema de tipo proporcional. La tasa de corrección es proporcional a la magnitud del error, lo que permite una suave y precisa corrección de los errores de posición de la altura del cabezal.

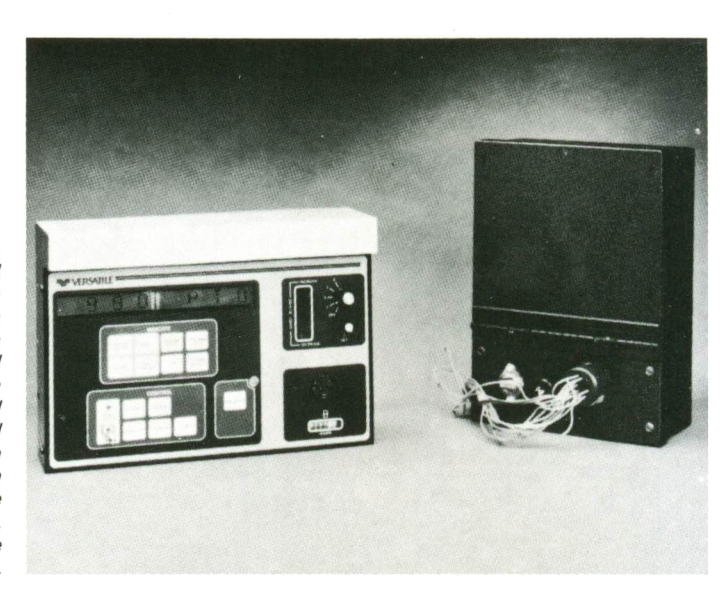


Figura 13. Módulos de monitorización y control dobles, basados en un microprocesador, para aplicar a una cosechadora de tipo remolcado. El módulo de la izquierda va montado en la cabina del tractor y conecta con el módulo montado en la máquina a través de un enlace de comunicaciones, codificado en serie, de seis conductores.

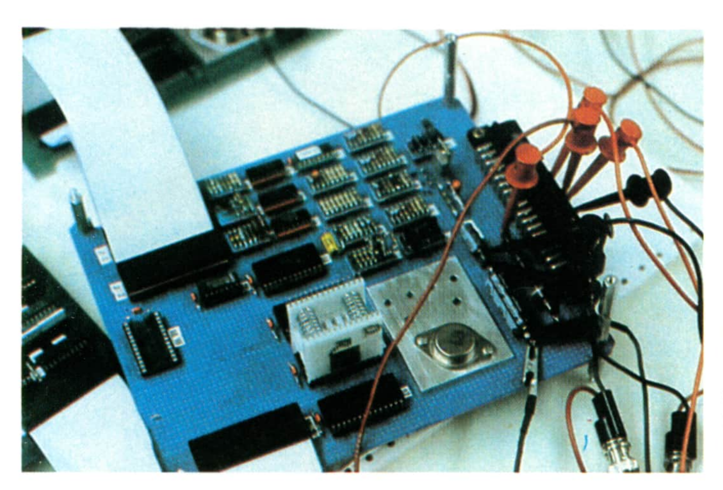
El futuro de la Electrónica en las cosechadoras

Con la creciente cantidad de dispositivos electrónicos instalados en las cosechadoras fabricadas actualmente, los operadores pronto podrán quedar sobrepasados por la cantidad y variedad de presentaciones visuales y mandos de control.

Esta creciente complejidad de la Electrónica también pesa sobre los límites de conducir cables de conexión hacia la cabina de la cosechadora así como sobre la posibilidad de diagnóstico de problemas en el sistema. El equipo, mostrado en la figura 13, es un intento de encauzar estos potenciales problemas. La unidad consiste en un terminal de control alfanumérico de cabina controlado por microprocesador y una unidad maestra de proceso central. Esta última instalada estratégicamente en el cuerpo principal de la

cosechadora. Todas las señales que se envían o que proceden de la cosechadora son procesadas a través de esta unidad. La información recibida del terminal de control de cabina o la información de estado que se envía al terminal de control de cabina se mandan a través de un enlace de comunicación en serie.

Por tanto, este enlace reduce el número de conductores requerido para interconectar eléctricamente el tractor con una cosechadora de tipo remolcado. En este sistema, seis conductores reemplazan a los 36 conductores que se necesitarían con un sistema no serializado. Además, el terminal de control de cabina está equipado con un presentador visual alfanumérico de cristal líquido de 8 dígitos. La información requerida por el operador se presenta visualmente cuando éste la solicita.



Módulo para el control electrónico del funcionamiento de un vehículo diesel desarrollado para máquinas agrícolas. (Cortesía: TRW).

El sistema completo también tiene unas amplias funciones de diagnóstico que permiten dar un fácil servicio a ellos mismos y a los sensores asociados. Además de realizar las funciones mencionadas, el sistema tiene la posibilidad de calcular y presentar visualmente las estimaciones sobre la información de productividad, tales como las hectáreas cosechadas por hora, así como la cosecha total realizada. El sistema está integrado con un amplio circuito de control

electrohidráulico e incluye un gráfico de barra y un panel de instrumentos de diversos colores que indica la información sobre la pérdida de grano de la cosechadora.

La Electrónica se incorpora a los tractores

La protección del tren de tracción y la planta de energía son las principales razones para la aplicación de la Electrónica a los tractores. Un sistema de protección típico consiste en varias luces y galgas de aviso que indican el estado del tren de tracción y del motor y, además, presenta visualmente la velocidad del motor y, en algunos casos, la velocidad del suelo. El primer tractor en emplear extensivamente la electrónica en un sistema de protección fue el Modelo

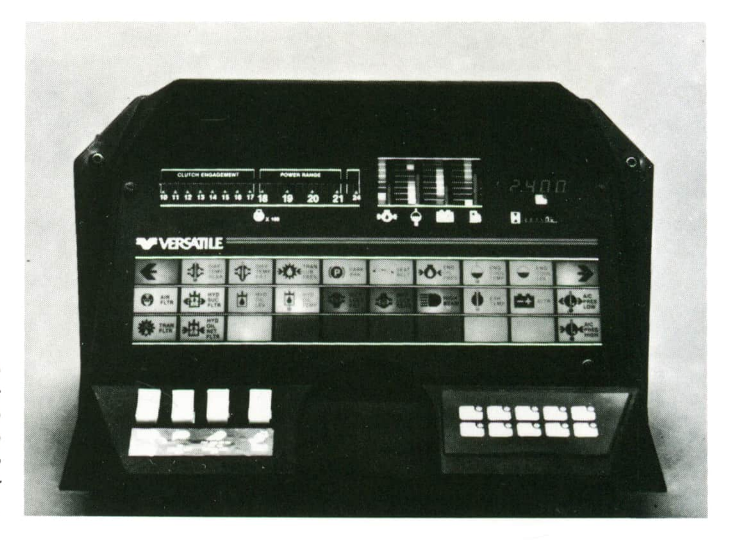


Figura 15. Sistema de protección de los elementos de transmisión de energía que monitoriza 23 funciones de prestaciones en un tractor (Versatile 1150 Tractor).

4-210 de White Farm. Mediante presentación visual o lectura digital, proporciona indicaciones de velocidad del motor, potencia desarrollada, tensión de la batería, presión del aceite, temperatura del refrigerante, nivel del combustible y temperatura de los gases de escape. Dispone de alarmas para el funcionamiento defectuoso de la velocidad del eje tractor, presión del aceite de transmisión, presión del embrague sobre la caja de cambios, nivel de combustible, tensión de la batería, temperatura de los gases de escape

temperatura del fluido de la caja de cambios, obturación del filtro del aire del motor y presión del aceite del motor. También se presentan visualmente la indicación del estado de las señales anteriores, así como las indicaciones de estado de los faros y del trabador diferencial.



Aunque parezca mentira, lo que se aprecia en la fotografía, es un monitor electrónico para incorporar a un tractor. El campesino de los próximos años manejará los teclados de los microcomputadores y los visualizadores alfanuméricos, con la misma facilidad que hoy maneja el arado y la azada.
(Cortesía: TRW e Industrias Jordá).

Quizás el sistema más comprensivo disponible en la actualidad está incorporado en el sistema de protección del tractor Versatile 1150 mostrado en la figura 15, en el que se presenta el estado de 23 funciones sobre un panel indicador. Además, mediante unas lecturas en un indicador LED se presentan visualmente y de forma continua la presión del

aceite, el nivel de combustible, la tensión de la batería, la temperatura del refrigerante y la velocidad del motor. También dispone de una lectura digital para presentar visualmente la temperatura de los gases de escape, la velocidad del eje tractor, la temperatura del aceite del sistema hidráulico, la velocidad del motor y la «velocidad del suelo». Las alarmas sonoras son reconocidas por otro tono de audio cuando el operador responde mediante la pulsación de un interruptor de tacto adecuado. Incorporado al equipo electrónico hay un sistema de prueba que interroga el estado de todas las funciones operativas internas. La unidad indica un estado de funcionamiento defectuoso si cualquier sensor deja de funcionar adecuadamente.

El empleo de controles electrónicos está empezando a tener una influencia sobre la productividad de los sistemas de tractor. J.I. Case ha incorporado un sistema de tracción de cuatro ruedas controlado electrónicamente en sus tractores de tracción de cuatro ruedas. Este sistema utiliza un sensor de posición en cada rueda para determinar la orientación de la misma. El operador puede seleccionar uno de los cuatro modos de tracción: tracción coordenada de las ruedas delanteras para giros rápidos a plena potencia, tracción sobre terreno deslizante para contrarrestar el aumento de desplazamiento en las laderas del tractor, tracción posterior para hacer más fácil el agarre sobre el terreno y tracción coordinada con las cuatro ruedas para giros rápidos de plena potencia.

International Harvester también aporta otro ejemplo de controles electrónicos para tractores, instalando una transmisión controlada, monitorizada y salvaguardada por microprocesador en sus tractores de la Serie 50. El sistema permite un suave y fácil cambio entre 18 engranajes de marcha adelante y 6 engranajes de marcha atrás.

Control del regulador de tiro de un tractor

Una de las funciones básicas de un tractor es la eficiente transferencia de potencia a la carga remolcada. Hasta la aplicación de la Electrónica, el concepto del control de tiro había permanecido esencialmente sin cambios desde sus inicios por parte de Harry Ferguson en 1926. Las actuales versiones en producción del control de tiro electrónico proporcionan un equivalente electrónico de un sistema

mecánico, o sea que el tiro y la posición del enganche se detectan eléctricamente en lugar de mecánicamente.

El control de tiro electrónico ofrece muchas ventajas. Por ejemplo, Massey-Ferguson ha desarrollado un enganche de instalación por tres puntos controlado electrónicamente. El enganche proporciona un control de posición positiva, control de pleno tiro o una combinación continuamente variable de ambos. Además, un conmutador especial permite elevar el enganche para los giros al final de un campo y después bajarlo a su posición original sin necesidad de cambiar las posiciones de los mandos de control de surco y de posición.

Cuando se disponga de mediciones de la verdadera velocidad del suelo y de las condiciones de trabajo del motor



Gama de componentes electrónicos, activos y pasivos, para aplicaciones en un amplio tipo de circuitos electrónicos, incluídos los relacionados con la Agrónica. (Cortesía: Siemens)

(derivadas de los datos de consumo de combustible, de par motor y de velocidad del motor), se dispondrá de lecturas directas del rendimiento de tracción. Estas se integrarán en el sistema de control de tiro para que el operador pueda optimizar las condiciones operativas del tractor y obtener así el máximo rendimiento o la máxima productividad. Además, la disponibilidad de las mediciones de la verdadera velocidad del suelo, junto con las mediciones de la velocidad de las ruedas, proporciona información sobre el deslizamiento de las ruedas. Sobre la base de mediciones de deslizamiento

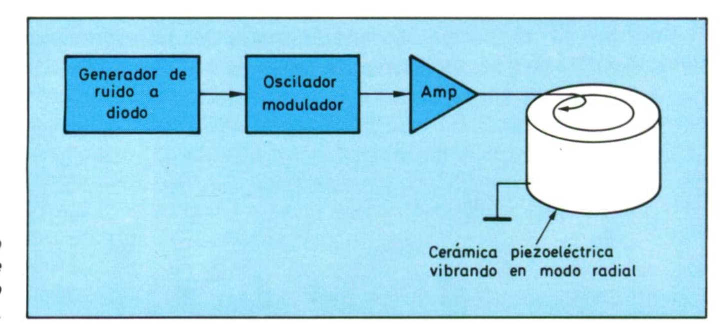


Figura 18. Esquema o diagrama de bloques de un sistema electrónico auyentador de ratones.

de rueda por radar podrán realizarse controles automáticos de transiciones entre la conducción de dos ruedas y de cuatro ruedas.

Máquinas rociadoras

Debido a los costes rápidamente crecientes de los productos químicos agrícolas, es esencial una vigilancia y un control del rociado químico. Con los actuales costes de los productos químicos, no resulta difícil ahorrar lo suficiente para poder pagar un monitor de rociado en una temporada. Además, la aplicación de agua en exceso también puede ser perjudicial para una cosecha u obtener una disminución del rendimiento.

Actualmente, a las rociadoras se aplican dos niveles de electrónica. El primer nivel está representado por el «Farm Electronics Speed Area Flow Meter», de RDS, que es esencialmente una unidad monitora en la que el operador introduce datos iniciales como la circunferencia de las

ruedas y las anchuras de los dispositivos de rociado. El instrumento presenta visualmente la velocidad de la unidad, la superficie total rociada, la cantidad de rociado por viaje y la tasa de aplicación de rociado en galones por acre o litros por hectárea. Un operador puede introducir un objetivo de velocidad o un objetivo de tasa de aplicación de rociado, y un indicador de error presentará las desviaciones de estos valores deseados.

Quizá el sistema de control automático más comprensivo disponible actualmente para las rociadoras es el «Farm Electronics Rate Governor 80 System» de RDS. Este sistema toma datos de entrada de un sensor de presión y de un sensor de velocidad basado en el magnetismo o en el radar para ajustar automáticamente la presión de trabajo de rociado para compensar las variaciones de la velocidad del sistema. Por tanto, se mantiene una tasa de aplicación constante. El sistema también presenta visualmente la velocidad de la máquina, la tasa de aplicación de agua calculada, la presión de rociado, la superficie rociada y la superficie cubierta, tanto en unidades métricas como inglesas. La excesiva compensación de presión que podría alterar el tamaño de las gotas de rociado se señala al operador mediante una luz de aviso.

Para su utilización en los controladores de rociadoras de la siguiente generación hay dos áreas que están recibiendo una activa atención: posibilidad de detectar boquillas obturadas y medición directa del flujo en lugar de las mediciones indirectas de presión. La disponibilidad de sensores para realizar estas mediciones permitirá la detección de boquillas de rociado inoperantes y proporcionará una determinación más precisa de las tasas de aplicación de rociado.

Futuros desarrollos electrónicos para la maquinaria agrícola

En los próximos tres a cinco años, el conjunto de módulos de presentación visual y de aviso, controladores y sensores que se encuentran actualmente en los sistemas para la agricultura estarán integrados en sistemas de control simples. Los microprocesadores se aplicarán universalmente a los sistemas existentes, lo que permitirá crear una nueva arquitectura basada en sistemas de monitorización y control de prestaciones mediante microprocesadores distribuidos. Se ha demostrado la verdadera estandarización del hardwa-

re, variando solamente el software y los interfaces I/O, lo que facilitará las aplicaciones de estos sistemas y permitirán a los sistemas básicos encontrar amplias aplicaciones en la maquinaria agrícola. En los nuevos productos, las librerías de software reemplazarán el hardware único. Un requisito clave será el diseño de esta nueva arquitectura de diseño de manera que sea compatible con las nuevas tecnologías que están apareciendo rápidamente, como las fibras ópticas y los sensores ópticos.

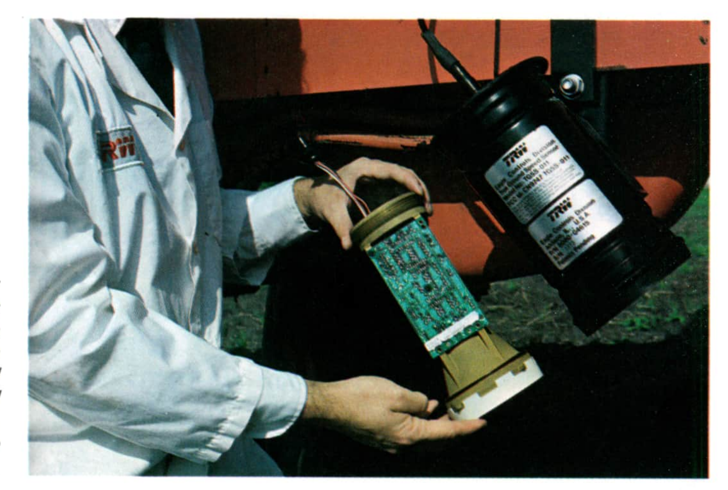


Figura 19. Vista interior de un radar para usos agrícolas. Concretamente su misión consiste en detectar la velocidad del vehículo respecto del suelo. (Cortesía: TRW e Industrias Jordá).

Aparecerán sensores básicos para cuantificar el ambiente que rodea el tractor, así como sus prestaciones. Los sensores de verdadera velocidad del suelo de gran precisión, basados en el radar, proporcionarán mediciones precisas de la velocidad del tractor, la cual es un elemento clave para determinar las prestaciones del tractor, de la plantadora y de la rociadora. En las figuras 19 y 20 se muestran los componentes esenciales de un sensor por radar desarrollado para su empleo en maquinaria agrícola, así como su instalación en un tractor.

Los sistemas integrados de monitorización y control continuarán evolucionando, y proporcionarán al granjero un medio efectivo de monitorizar y controlar completamente el rendimiento y la productividad de los tractores en funciona-

miento. Estos nuevos sistemas de monitorización y control presentarán datos de coste/rendimiento al operador para que pueda optimizar la relación entre la operación del motor, de la transmisión, del deslizamiento de las ruedas, de la carga de tiro, del plantado, del rociado, etc.

Específicamente, los sistemas de monitorización y control de prestaciones proporcionarán mediciones continuas de datos como coste/hectárea, hectáreas/hora, fluido (fertilizantes, pesticidas, etc.), tasas de flujo, etc.

Las alarmas avisarán al operador sobre la necesidad de elevar o disminuir la transmisión, el excesivo deslizamiento de las ruedas, o que el sistema está fuera del margen de control. Más tarde, estas alarmas se eliminarán, puesto que la Electrónica se aplicará a las transmisiones que se cambiarán automáticamente por controles electrónicos y proporcionarán eficientes prestaciones incluso con operadores no especializados.



Figura 20. Radar instalado sobre un tractor para determinar la velocidad respecto del suelo y de este modo poder establecer una corrección instantánea.

Otras nuevas aplicaciones a corto plazo de la tecnología electrónica será la *síntesis de voz*, que reducirá el problema de lectura de algunos operadores, ya que el lenguaje será el nativo de cada uno (castellano, francés, inglés, etc.). La utilización de la *palabra sintetizada* tiene la ventaja operativa de que no es necesario que el operador distraiga su atención

visual de la función de conducción. Bastará que el labrador de órdenes verbales.

También resuelve de forma muy efectiva los problemas asociados con la legibilidad de las indicaciones de los instrumentos a plena luz del Sol.

Por otra parte, las nuevas técnicas de presentación visual, entre las que se incluyen los tubos de rayos catódicos, proporcionarán más flexibilidad y remplazarán los actuales presentadores visuales de cristal líquido o fluorescentes de vacío. La comunicación entre los diversos módulos electrónicos se realizará a través del multiplexado electrónico de datos en un enlace en serie a través de un cableado y/o fibras ópticas. Los enlaces de comunicaciones por fibras ópticas permitirán la conexión y la comunicación a prueba de explosión entre sistemas instalados en ambientes polvorientos propensos a la explosión.

MEDIOS PARA EL CONTROL DE LA PRODUCCION

Incluimos dentro de este apartado todos aquellos equipos o sistemas electrónicos que permiten controlar el medio ambiente físico y biológico que rodea a una plantación determinada.

Protección contra pájaros

Los clásicos «espantapájaros» más o menos graciosos o esperpénticos irán dejando paso a sistemas electrónicos. En algunas plantaciones se está utilizando la grabación de pájaros atrapados reproducida mediante un cassette de audio y difundida por un sistema de megafonía; parece que los resultados son bastante satisfactorios.

Protección contra ratones

Una plaga de ratones puede ocasionar unas pérdidas importantísimas en una granja o granero. Por ello, los campesinos están recurriendo a sistemas electrónicos, que además de eficientes no son contaminantes o venenosos como lo serían determinados productos químicos.

La técnica más difundida consiste en radiar ultrasonidos en las proximidades de campos, granjas y silos. Se utilizan señales de 20 a 40 kHz, moduladas en amplitud o frecuencia

por una señal aleatoria producida por un generador de ruido adecuado. De esta forma se consigue auyentar a estos temibles roedores, aunque los ultrasonidos también afectan perjudicialmente a gatos y perros (figura 18).

Protecciones frente a animales de gran tamaño

Hay cosechas que por su índole son especialmente apetitosas para determinados animales (vacas, jabalíes, etc.), así como a las personas amantes del «picnic» (el hombre de las grandes ciudades está convirtiéndose en el peor «depredador» con el que se enfrentan los campesinos).

El sistema electrónico utilizado, consiste en rodear la plantación o campo de frutales mediante alambradas electrificadas, a las que se les aplican periódicamente impulsos de alta tensión, si bien la energía suministrada es pequeña (potencia), a fin de evitar descargas dañinas o mortales; se pretende únicamente asustar al intruso a fin de que desista en su intento depredador.

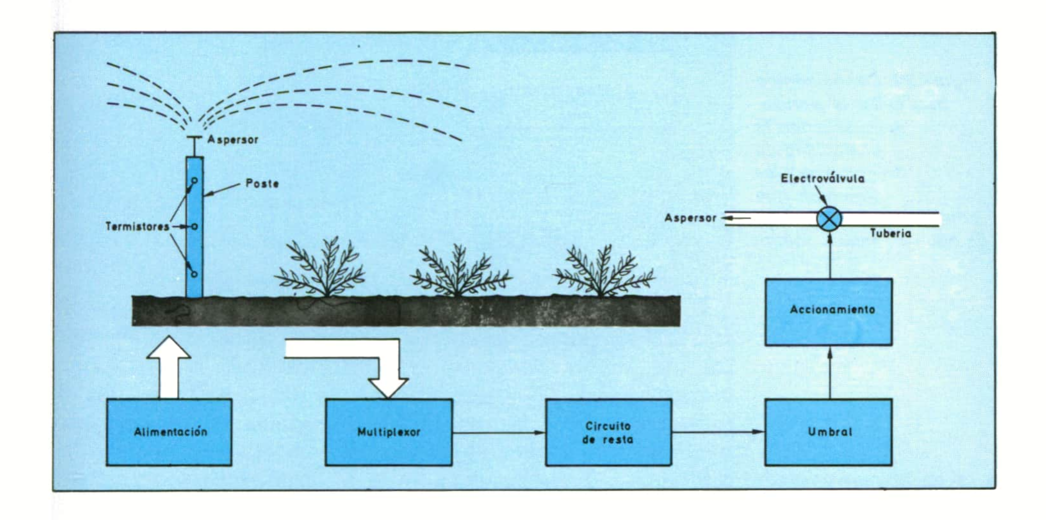


Figura 21. Esquema general de un sistema electrónico preparado para evitar las heladas, y eliminar los consabidos desastres en el medio agrícola.

Protección contra las heladas

Entre los fenómenos meteorológicos más perjudiciales están las heladas y el granizo; también contra ellos la

Electrónica presenta algunas ayudas. Las heladas afectan a la planta cuando se llega a temperaturas tan bajas en sus proximidades que el agua interior se hiela, afectando a toda su estructura.

Se sabe empíricamente que si el gradiente de temperaturas en las proximidades del suelo es superior a un cierto umbral, ocurre el fenómeno de la helada. La forma de evitarlo consiste en rociar la planta con agua, con objeto de aumentar ligeramente su temperatura, lo suficiente como para evitar la helada.

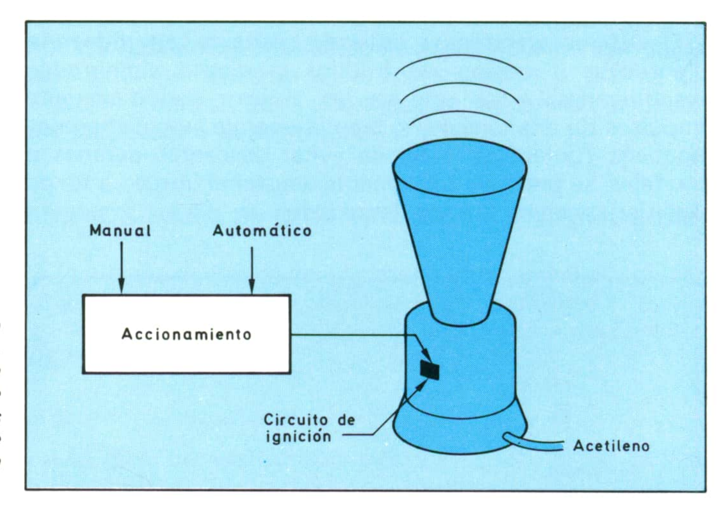


Figura 22. Cañón sónico para evitar el granizo, aprovechando la posibilidad de descomponer las tormentas, que contemplen la formación de agua en estado sólido.

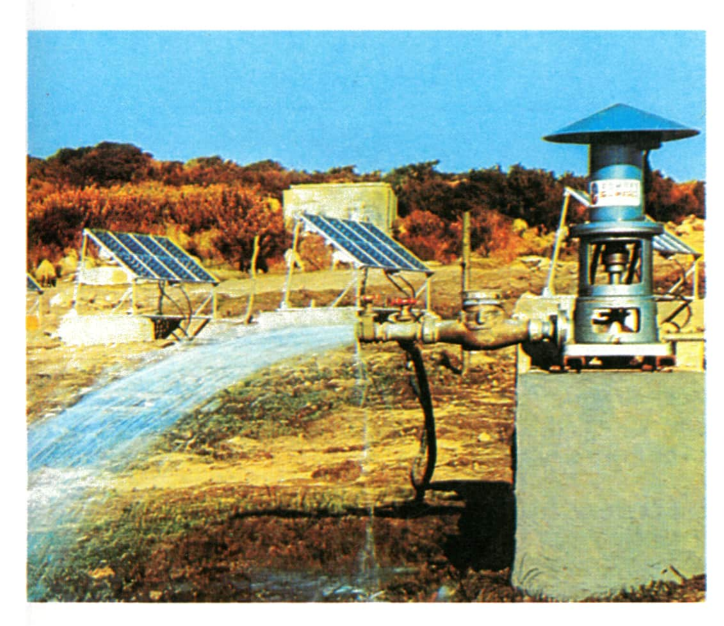
El sistema electrónico utilizado (figura 21) consiste en situar unos postes de unos 2 metros de altura en diferentes puntos de la plantación, sobre los que se disponen termistores a distintas alturas (se trata de sensores o transductores de temperatura), los cuales se encargan de medir la temperatura a distintos niveles del suelo; cuando las diferencias de temperatura entre pares de termistores supera un cierto umbral, se activan automáticamente unas electroválvulas que gobiernan a los aspersores de agua, los que obviamente irrigan las plantas que se trata de proteger. En el sistema de la figura 21, los aspersones se colocan en los mismos postes con objeto de asegurar que las plantas queden protegidas.

Protección contra el granizo

El problema del granizo sigue sin tener una solución totalmente fiable. El método electrónico utilizado actualmente, consiste en una vez detectada la presencia de nubes propensas al granizo, mediante un radar, o por predicción meteorológica, producir ondas sónicas de gran potencia que lo desintegran antes de que llegue al suelo. Dichas ondas se producen con unos cañones tipo bocina, en cuyo interior se hace explotar acetileno a una cadencia de 5-10 veces por minuto. Con este método se protege un radio de acción de unos 500 metros alrededor del cañón (figura 22). Naturalmente, el sistema electrónico anti-granizo puede resultar muy complejo ya que incorpora un radar detector, un sistema inteligente para interpretar los datos, un sistema de accionamiento del cañón sónico y el sistema de alimentación, así como el de suministro de acetileno.

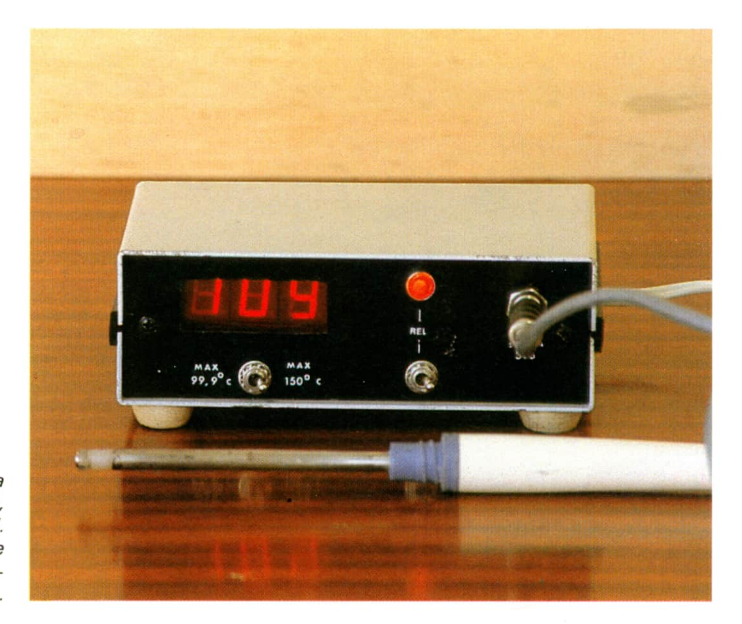
Protección contra microorganismos

Los efectos de la radiación electromagnética sobre los



Aprovechamiento de la energía solar fotovoltaica para accionar las bombas que extraen agua, para el riego de aquellas zonas que estén alejadas de los canales de irrigación y de los tendidos o redes de distribución eléctrica.

seres vivos vienen siendo investigados desde hace bastante tiempo, aunque realmente ha sido la zona del espectro considerada como ionizante la que más atención ha merecido por parte de los investigadores. Sin embargo, hace ya más de dos décadas, y debido a la creciente polución de tipo radioeléctrico del hábitat humano, surgió la necesidad de delimitar claramente los niveles de radiación no ionizante tolerables por el organismo del hombre. La fijación de tales límites requería conocer los mecanismos que regulan la interacción campo electromagnético— ser vivo, y con tal fin se iniciaron una serie de experiencias sobre animales.

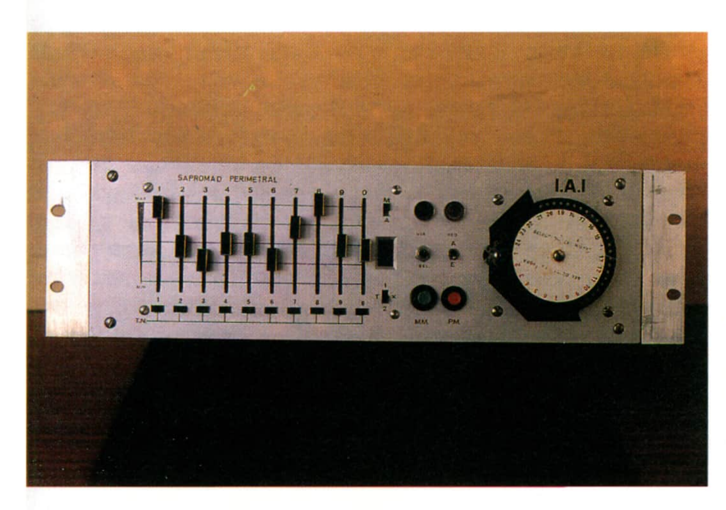


Sistema perimetral para la automatización de riegos, con indicador digital. (Cortesía: Instituto de Automática Industrial- del CSIC).

Tales experiencias pusieron de manifiesto que la radiación electromagnética no sólo origina efectos térmicos (conversión de energía electromagnética en calor) como en un principio se pensaba, sino que se observaron fenómenos (llamados no térmicos o específicos a falta de una denominación mejor) cuya principal característica es la de presentarse con niveles de radiación inferiores a los correspondientes a los efectos térmicos. Estos fenómenos suscitaron mucho interés pues podían tener consecuencias nocivas a

niveles inferiores a los considerados como peligrosos, al tiempo que abrían una nueva gama de aplicaciones de la radiación electromagnética no ionizante.

Parte de las experiencias realizadas por J. Page y C. Camacho profesores de la Escuela Técnica superior de Ingenieros de Telecomunicación de Madrid, así como en el Departamento de Entomología Agrícola de la Universidad



Las instalaciones más complejas de sistemas para riego automático, requieren equipos más sofisticados, que se incorporan a los racks del conjunto de la explotación. (Cortesía: Instituto de Automática Industrial-CSIC).

Politécnica de Madrid, se han realizado con insectos y algunas de las nuevas aplicaciones de la RF están relacionadas con ellos. Las primeras pruebas de irradiación de insectos con RF datan de hace casi cincuenta años, y estaban encaminadas a la determinación de los niveles que podían provocar la muerte de insectos que infectan determinados productos tales como cereales almacenados, productos alimenticios empaquetados, madera, etc., para reemplazar las técnicas tradicionales de lucha química. Una de las primeras aplicaciones prácticas de esta idea se llevó a cabo en 1947, utilizándose RF de 27 MHz (frecuencia próxima a la correspondiente al máximo de pérdidas dieléctricas del insecto en cuestión) para la desinsectación de edificios.

Más recientemente, con el descubrimiento de efectos específicos tales como los que repercuten en la capacidad reproductora se ha pensado en nuevas aplicaciones agríco-

las de notable interés. Por una parte, cualquier aumento en la capacidad reproductora de los insectos podría aprovecharse bien para aumentar la productividad de determinadas especies domésticas, bien en la lucha contra plagas, potenciando la capacidad reproductora de especies parásitas de la que se desea combatir.

Por otra parte, cualquier disminución, o incluso anulación total, de la capacidad reproductora (esterilización) abriría un amplio campo a la RF; la lucha contra plagas agrícolas mediante el método de lucha biológica denominado de los «machos estériles». Dicho método propuesto por Knipling en 1938, consiste en la liberación de gran número de machos estériles en el seno de una población natural para reducir el número de individuos en la generación siguiente e incluso llegar a la total eliminación de la especie. El método ha sido empleado con éxito en numerosas ocasiones, utilizándose agentes químicos y radiactivos (radiación gamma) para producir la esterilización. Las ventajas de la radiación no ionizante sobre los dos métodos anteriores son patentes, puesto que la contaminación radioeléctrica es nula, mientras que los otros presentan serios problemas de contaminación química y radiactiva, respectivamente, aparte de que la manipulación de la radiación no ionizante no entraña los peligros ni requiere las precauciones del manejo de materiales radiactivos.

Desgraciadamente, y por falta de un mejor conocimiento de la interacción campo electromagnético — ser vivo, el tema presenta un acusado carácter empírico. Por ello, y por la notable incidencia que podría tener sobre la economía agrícola del país, se hace necesario profundizar en el estudio de los efectos de la RF sobre los insectos.

La forma en que se somete al insecto a la acción del campo depende esencialmente de dos factores: la frecuencia de trabajo, que determina la instrumentación a utilizar, y el tipo de insecto y la fase de desarrollo en que se efectúa la irradiación, que condicionan su manejo.

Dentro del escaso conocimiento que se tiene aún del proceso, existen indicios de que los efectos de la RF sobre los insectos y en general sobre todos los seres vivos, son fuertemente dependientes de la frecuencia. La probable inversión de comportamientos al variar la frecuencia e incluso la posible existencia de fenómenos de resonancia molecular, con consecuencias imprevisibles sobre el futuro

desarrollo del insecto, han hecho que las investigaciones llevadas a cabo se hayan extendido desde las frecuencias más bajas de la banda 7 (3-30 MHz), hasta bien dentro de la banda 11 (30-300 GHz). En la actualidad todo trabajo en este área incluye, inevitablemente, la búsqueda de fenómenos selectivos en frecuencia, dentro de la banda en consideración.

En el caso de la protección de la vid contra el hongo denominado mildiú, se da el caso de que este hongo sólo aparece ante determinadas combinaciones de humedad y temperatura sobre la superficie de la hoja de la vid. Detectando estas condiciones a tiempo, se procede a sulfatar las vides, eliminando la posible aparición del hongo; sin embargo si se sulfata antes o después de estas condiciones, el hongo aparece igualmente. Resulta por tanto muy importante disponer de un instrumento que mida el momento de máxima probabilidad de aparición; este aparato se denomina «termohumectómetro» y se basa en una técnica psicrométrica.

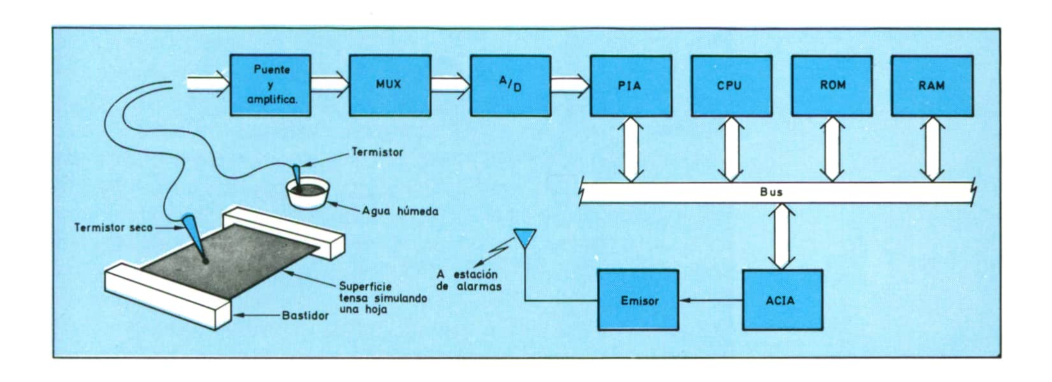


Figura 26. Termohumectógrafo con sistema de procesado de datos totalmente automático, y envío de alarmas a distancia por radio.

En efecto, se sitúa una superficie tensa, de material elástico en un bastidor, apoyándose en ella un termistor (figura 26). Otro termistor se sitúa en el ambiente próximo unido a una mecha húmeda en contacto con agua sin entrar en contacto con la superficie, que hace las veces de una hoja artificial. De la relación entre las señales aportadas por ambos transductores se pueden obtener, mediante tablas psicrométricas, la humedad relativa y la temperatura ambien-

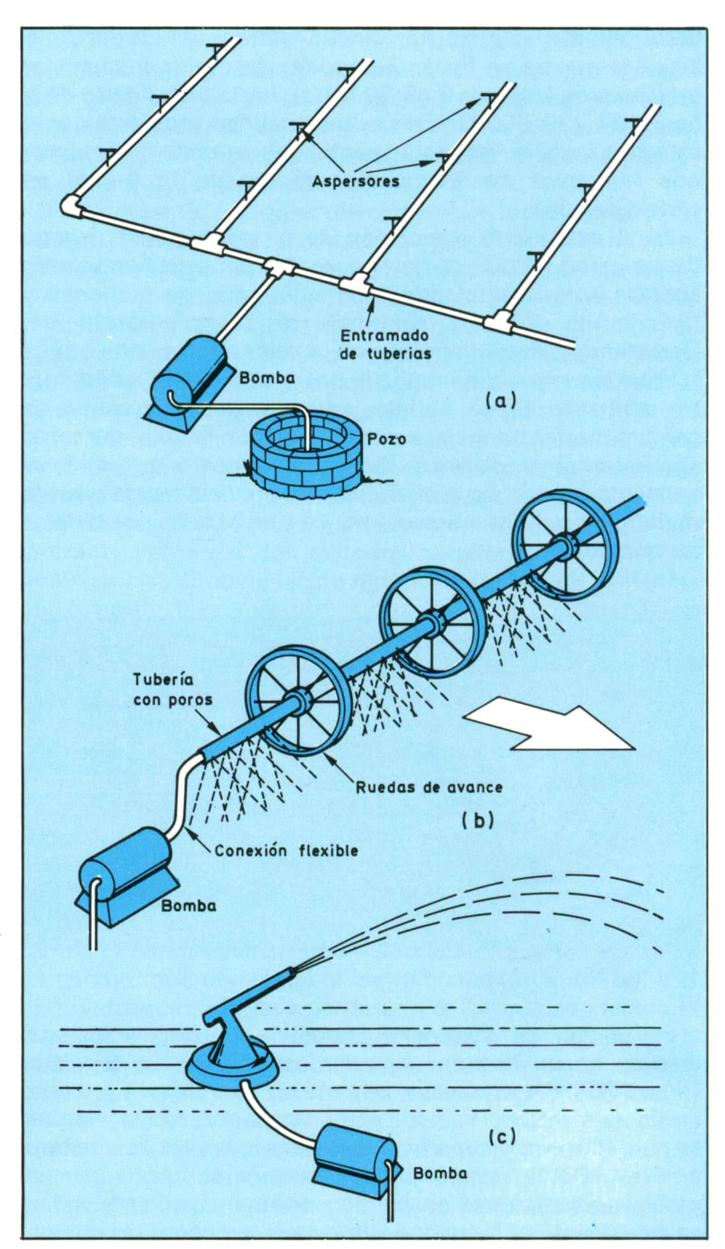


Figura 27. Distintos sistemas de riego automatizado. a) Riego por aspersión; b) Riego por avance automático; c) Riego por cañón intermitente y rotatorio.

te. Una combinación determinada de ambas provoca el disparo de alarma. En ocasiones, el sistema lleva adosado un registrador que permite registrar un índice de peligrosidad. Es evidente que este sistema de medida se presta extraordinariamente a su automatización utilizando un microprocesador que calcule, a partir de las medidas, el índice de peligrosidad de aparición del hongo y que, eventualmente dispare algún tipo de aviso para el agricultor, bien en términos locales o bien a distancia sobre una estación central.

Automatización de riegos

Capítulo aparte, y muy importante, lo constituye el problema de la *automatización de riegos* de una plantación cualquiera. El desarrollo en las técnicas agronómicas de los últimos años ha permitido introducir nuevos métodos de riego adaptados al tipo de cultivo, extensión de la plantación, etc. La técnica más simple consiste en distribuir, de forma homogénea, un conjunto de tuberías con sus respectivos aspersores. El problema consiste en determinar el momento óptimo del día para el riego a fin de evitar la evaporación, la cantidad de riego, en función de la humedad ambiente, la homogeneización en el reparto de agua, evitando acumulaciones y deficiencias, etc. Así, es posible elaborar complejos programas de riego que permiten la adaptación a multitud de parámetros del suministro de agua a la tierra. Existen, de hecho, instalaciones gobernadas por microcomputadores que tienen en cuenta parámetros tales como tipo de cultivo, momento del día a través de la medida de la radiación solar, humedad ambiente y del suelo, época del ciclo de cultivo, caudal de agua disponible, etc. En función de estos parámetros optimizan, desde un punto de vista eminentemente económico, el riego. En algunas instalaciones el sistema de distribución de agua consiste en tuberías que se desplazan a lo largo de la plantación por medio de enormes y ligeras ruedas que son accionadas desde un extremo mediante un pequeño motor. De esta forma se evita el coste de la infraestructura de aspersores. En otras instalaciones, la aspersión se realiza por elementos de gran presión que lanzan chorros intermitentes a gran distancia provocando una especie de lluvia homogénea. Sin embargo, ello implica el uso de un motor de direccionamien-

to y una bomba de gran presión a fin de lograr el efecto deseado. En cualquier caso resulta obvio que todos estos sistemas se adaptan muy bien a su automatización más o menos inteligente (figura 27).

Ultimamente se están introduciendo en el mercado, con gran pujanza, los *sistemas de riego gota a gota*, especialmente para las plantaciones de frutales arbóreos, legumbres, flores, frutas herbáceas, etc. Estos sistemas se basan en

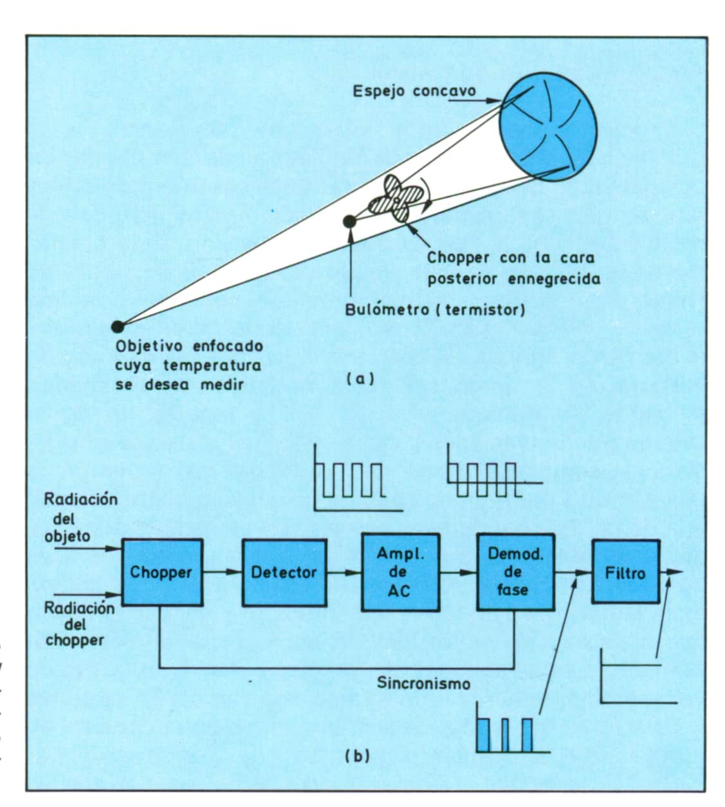


Figura 28. Termómetro de infrarrojos. La lectura del instrumento puede ser analógica o digital; a) Esquema del sistema de enfoque; b) Esquema eléctrico.

efectuar un riego continuo por medio de pequeños tubos flexibles capilares con un diámetro del orden de 5 décimas de milímetro y un flujo de agua de entre 2 y 6 litros por hora, disponiéndose 1.000 y 10.000 puntos de goteo por

hectárea. Las ventajas del sistema son diversas: en primer lugar el sistema es automatizable y sus efectos son más específicos que otros tipos de riego. Por otra parte, se evita, en gran medida, la evaporación del agua. Dado que se puede regular la pérdida de carga de cada capilar sin más que variar su longitud, el sistema se adapta muy bien a terrenos de fuerte pendiente. Así, los capilares de las partes bajas serán más largos que los de las partes altas, consiguiendo flujos homogéneos y localizados.

Por último, el sistema suele ser barato, dado que el tubo empleado lo es. Sin embargo, el diseño adecuado de un sistema de riego gota a gota requiere un estudio previo de



Vista general de diversos invernaderos y el computador que los controla. Sistema desarrollado por Danasa y el centro de investigación UAM-IBM.

una cierta complejidad que, en algunos casos requiere el uso de ordenador para adaptar la solución al problema concreto. Ello introduce en escena un uso adicional de la informática en estas tareas de «consulting».

Aún en relación con el problema del riego, cabe citar el uso creciente de los «termómetros de infrarrojos» para detectar las necesidades de riego (figura 28).

Control de invernaderos por computador

Este tipo de cultivos se está extendiendo rápidamente por todo el mundo; en España se ha llevado a cabo una cierta investigación en el Centro de Investigaciones de IBM y en la Universidad Autónoma de Madrid. En el Maresme catalán (desde Barcelona a Arenys) existen innumerables invernaderos para frutas, hortalizas y especialmente para flores, alguno de los cuales ha sido ya «informatizado». En otros países europeos este tipo de cultivos está muy extendido, proporcionando frutas y legumbres tempranas de buena calidad y con gran rendimiento. Sin embargo, dependen en gran medida, de unos controles de temperatura y humedad precisos, incluyendo técnicas de riego por goteo.

Un completo equipo de regulación automática de un invernadero incorpora sistemas de calefacción automática, control de ventiladores y control de riego; todo ello bajo la supervisión de un microcomputador.

Como hemos dicho, el cultivo en invernaderos permite la producción de una gran variedad de cosechas de alta calidad en regiones de climatología desfavorable o con limitados recursos de agua o de suelos fértiles. Por otra parte, es hoy universalmente aceptado que, mediante el cultivo en invernaderos pueden obtenerse un mayor número de cosechas por año, con mayores calidades y rendimientos.

Actualmente otra importante técnica agrícola es el *cultivo hidropónico*, que supone reemplazar el suelo por soluciones nutrientes acuosas que alimentan las plantas con agua y sales minerales. Técnicas hidropónicas tales como la NFT (nutrient film techniques) están revolucionando el concepto tradicional del suelo en la agricultura. Las principales ventajas del cultivo hidropónico sobre el tradicional en suelo son: regulación exacta de los consumos de nutrientes, mayores economías en agua y fertilizantes, considerables ahorros en mano de obra, mejor adaptación a regiones estériles, mayor control de la calidad y mayor versatilidad en la modificación de producciones.

Análogamente a otros sistemas de control, la finalidad de un sistema de control para invernaderos consiste en desarrollar un conjunto de acciones de mandato, basadas en ciertos criterios de decisión (algoritmos de control) y en las informaciones adquiridas a través de un conjunto de sensores, con el fin de forzar que las variables ambientales y

de nutrición sigan pautas (trayectorias) preestablecidas, con independencia de las fluctuaciones climáticas externas y de cualquier otro tipo de perturbaciones. Desde el punto de vista de la investigación científica, el invernadero completamente controlado representa la herramienta idónea para analizar los factores que determinan el crecimiento y la productividad de las plantas. Una vez que estos factores han sido cuidadosamente establecidos pueden ser utilizados en invernaderos industriales, controlados, con la finalidad de aumentar la productividad y el rendimiento económico de las cosechas.



Aspecto que presenta el interior de un invernadero destinado al cultivo de espárragos. Toda la nave está controlada mediante un computador central. (Cortesía: Danasa).

Un sistema original, desarrollado por el Centro Científico de la Universidad Autónoma de Madrid y el Centro de Investigación de IBM, es el representado esquemáticamente en la figura 31. Consta de un microcomputador con entradas y salidas analógicas y digitales, consola-impresora, línea de transmisión de datos, interface computador-invernadero, estación de amplificación y potencia, dispositivos actuadores (calefactores, ventiladores-extractores, etc.) sensores y transmisores (pH, conductividad, iones selectivos, temperatura), multiplicador de datos, panel de indicadores y estación meteorológica.

MEDIOS PARA EL CONTROL DE ALMACENAMIENTO DE LA PRODUCCION

Entre los muchos problemas que tiene que afrontar el agricultor está no ya el de la producción sino el de hacer llegar los productos al mercado en excelentes condiciones higiénicas y de presencia externa.

En el caso de productos perecederos, frutas sobre todo, se requieren unos sistemas electrónicos de selección, y en el caso de productos perdurables se requiere asegurar que las condiciones de almacenamiento y durante todo el tiempo que dure éste, no se perjudique su estado.

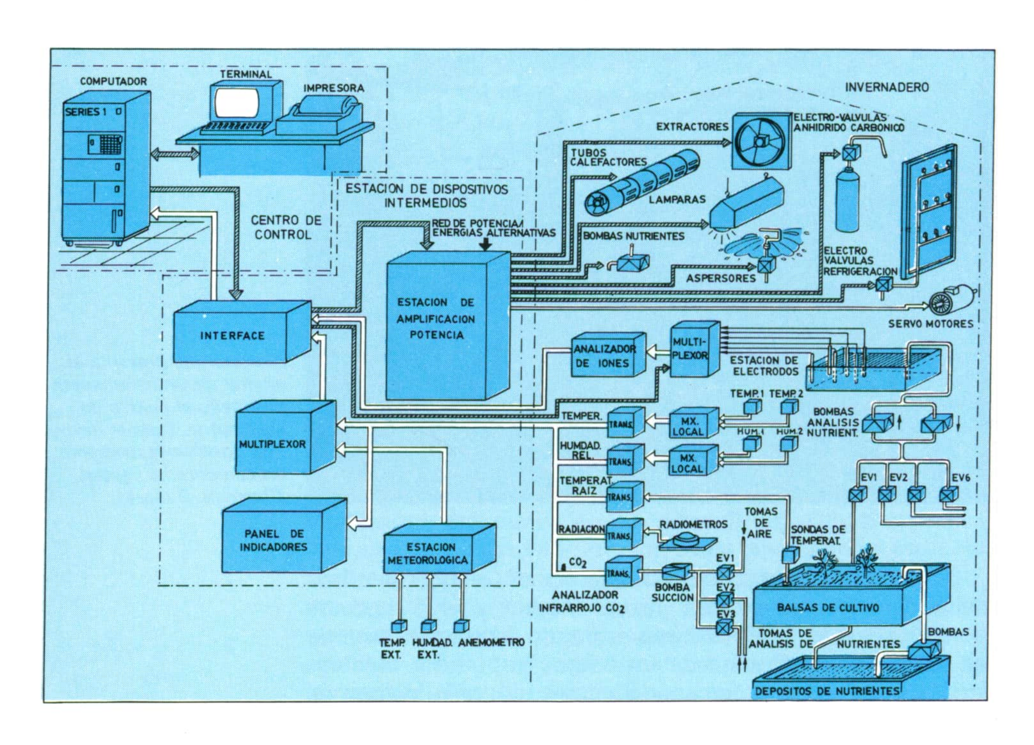


Figura 31. Sistema de control por computador de invernaderos mediante riego hidropónico. (Cortesía: IBM-UAM).

Selección automática de frutas

En España se están desarrollando varios proyectos de selección automática de frutas, aceitunas, etc., intentando

diseñar elaborados sistemas de procesado de imágenes (robots con visión tridimensional) capaces de identificar, coger y clasificar en cajas productos en función de su tamaño, forma, color y defectos en la piel.

Con este sistema totalmente revolucionario e inédito, se pretende alinear los frutos a seleccionar transversalmente en una cinta transportadora; una cámara de video explora la cinta y el sistema inteligente da las órdenes precisas al robot para que coja delicadamente el producto y lo sitúe en la caja correspondiente a su clasificación.

Aunque no existe ninguna de estas máquinas comercializada, hay al menos en España dos proyectos en avanzado estado de investigación (Sevilla y Barcelona).

Control de granos en silos

Toda clase de semillas ensiladas y sobre todo las húmedas, poseen una gran actividad respiratoria, liberando gas carbónico, produciéndose así una emanación calorífica que favorece la germinación, el desarrollo de microorganismos y mohos.

Estos hechos son directamente proporcionales a la humedad del grano y a su temperatura, por lo que se produce un fenómeno autoacelerante que aunque en principio afecte únicamente a una determinada zona, ésta se extiende rápidamente alcanzando un punto sobre el cual las degradaciones de las calidades comerciales y alimenticias de las semillas, serían profundas e irreversibles.

La demanda actual de granos de primera calidad y el almacenamiento prolongado de los mismos, hacen que cada día sea más necesario el control de la temperatura.

La temperatura límite que puede soportar un grano sin degradación, no es un valor absoluto, sino que depende de la humedad y del tiempo a que esté sometido a dicha temperatura, por lo que se le debe dar más importancia a los aumentos progresivos de temperatura que a las temperaturas absolutas.

Las temperaturas se toman en los puntos necesarios de un silo o celda, para asegurar un control sobre la totalidad del grano.

Cuando se detecta un aumento progresivo de la temperatura en uno o varios puntos de una celda, lo que indica un

principio de deteriorización del grano, se puede proceder de las siguientes formas para paralizar este fenómeno:

a) *Trasvase*, es decir, pasar la totalidad del grano contenido en dicha celda a otra vacía.

En el recorrido del grano a través de los extractores, transportadores, elevadores y en su caída a la celda vacía, normalmente se airea dicho grano lo suficiente para cortar el aumento de temperatura.



Medidor de la humedad de granos y semillas, según el método de las constantes dieléctricas y con escalas intercambiables. (Cortesía: Argos, S.A.).

Además del consumo de energía eléctrica que este sistema requiere, y necesitar disponer siempre de una celda vacía para trasvases, tiene el inconveniente de que todo movimiento de grano en un silo provoca roturas en dicho grano, es decir mermas, en mayor o menor grado según el diseño de los extractores, elevadores y transportadores.

b) *Ventilación forzada*, es decir, introducción por la parte inferior de la celda de aire a la temperatura y humedad ambiente por medio de ventiladores de presión.

Este sistema es normalmente efectivo, aunque a veces

puede producir el efecto contrario, debido a la muy alta temperatura del aire o a la excesiva humedad de éste, por lo que antes de proceder en este sentido, conviene comprobar estos parámetros.

c) *Granifrigor.* Consiste en introducir por la parte inferior de la celda o a veces por varios puntos de la misma, según el tipo de instalación, aire frío y seco, el cual se consigue por medio de grandes aparatos refrigeradores.

Este sistema es el más perfecto, aunque su precio de instalación es relativamente elevado. Existen también aparatos portátiles que se conectan en un momento determinado a la celda que lo necesita.

Para detectar la temperatura dentro de la masa del grano contenido en una celda, se emplean sondas con elementos sensibles.

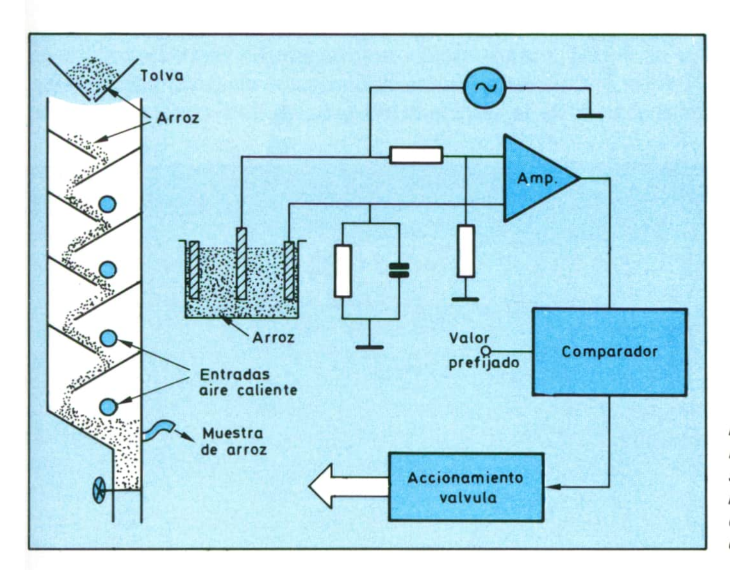


Figura 33. Diagrama de bloques de una torre secadora de arroz, mediante procedimientos controlados electrónicamente.

El elemento sensible más comúnmente empleado es la resistencia NTC (resistencias con coeficiente negativo de temperatura) debido a su simplicidad, precio medio y poder elegir entre la amplia gama existente en el comercio, aquellas que por su forma, mejor se adapten a la sonda y cuya resistencia a 25°C sea la más adecuada.

Una máquina secadora de arroz se representa en la figura 33. El grano cae, a través de una serie de bandejas, por gravedad, pasando a través de una corriente de aire caliente, pudiéndose regular el tiempo de permanencia en el interior. Para ello se dispone de controladores que se basan en introducir periódicamente muestras de arroz de la secadora en un medidor de humedad, por medio de la constante dieléctrica del grano, descargándose aquélla en el momento en que la humedad es inferior a un umbral dado. De esta forma se produce un secado homogéneo y con el grano en perfectas condiciones.

Conservación de productos hortofrutícolas en cámaras de atmósfera controlada

A diferencia de los cereales, las frutas y verduras se suelen conservar en cámaras frigoríficas de atmósfera controlada, a fin de evitar la maduración prematura. En dichas cámaras se pueden encontrar numerosos controles electrónicos, no sólo para mantener la temperatura y humedad constantes, sino

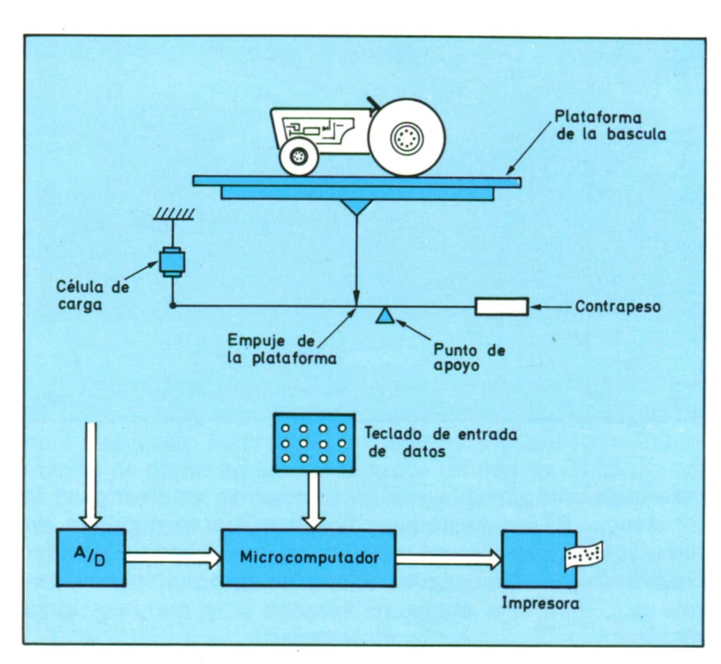


Figura 34. Báscula electrónica para pesaje de maquinaria agrícola.

para controlar las concentraciones de oxígeno y CO_2, utilizándose medidores de oxígeno paramagnéticos y medidores de anhídrido carbónico por absorción de infrarrojos. La aplicación de estas técnicas electrónicas para la comercialización de productos hortofrutícolas en estado fresco, en condiciones de óptima calidad, es una necesidad nacional y extranjera y debe entenderse como una ayuda al sector agrícola, y encuentra su plena justificación cuando se consiguen mejores atributos que si se hubiera conservado en aire normal, esto es, con mejor textura, mejor sabor, menor porcentaje de pérdidas por podredumbre y alteraciones fisiológicas y mejor apariencia externa del producto, todo lo cual se consigue, a la vez que un aumento notable del período de comercialización (poder disponer de ciertas frutas y verduras fuera de época) gracias a los efectos que sobre el metabolismo y fisiología de los productos tiene la reducción del nivel de O_2 y aumento de CO_2, con elevados niveles de N_2 en la atmósfera, cuando se combina con la refrigeración.

LA INFRAESTRUCTURA DEL MEDIO AGROPECUARIO

Además de las aplicaciones de la Electrónica y la microinformática descritas hasta aquí, existen otras muchas que conforman el medio agropecuario. Entre las más conocidas está la *captación de energía solar por medios térmicos y fotovoltaicos.*

La energía solar térmica se emplea para la calefacción de las granjas y establos; sin embargo son los sistemas fotovoltaicos los más prometedores para el medio agrícola y ganadero.

Entre las principales aplicaciones de la energía solar fotovoltaica están: electrificación de vallas, calefacción para el secado del heno, accionamiento de sistemas automáticos y autónomos de riego, alumbrado de granjas y establos, etc.

En muchas ocasiones las granjas se hallan ubicadas en zonas alejadas de las poblaciones y por tanto de la red de distribución eléctrica; la energía solar fotovoltaica es sin duda la solución para estos casos.

Otra muestra de los sistemas electrónicos, de amplia presencia en el medio rural, lo constituyen las básculas de

pesada de vehículos, a la entrada de los pueblos y en las cooperativas. La inserción de una célula de carga en la infraestructura ya construida y el uso de un elemental sistema de medida y proceso de datos con microcomputador, permite agilizar las operaciones de pesada e incluso eliminar la intervención del hombre. Un sistema tipo, proporciona la identificación del camión, remolque o tractor, su tara, la carga, la fecha y hora de entrada en una pequeña impresora de papel (figura 34).

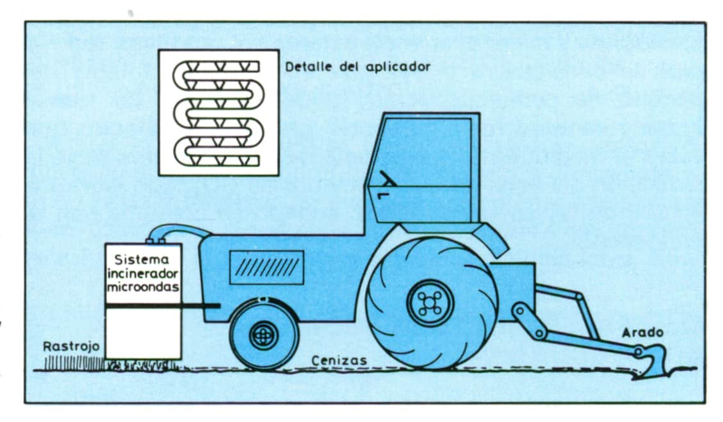


Figura 35. Aplicación de las microondas a la incineración de rastrojos y arado posterior en una sola operación. En la parte superior puede apreciarse en detalle el aplicador, consistente en un guiaondas con ranuras.

Un sistema fundamental para la evaluación de los productos obtenidos en su contenido en proteínas, grasas, celulosa, humedad, aminoácidos, lignina, etc., lo constituyen los nuevos analizadores automáticos. Estos sistemas permiten *determinar la composición de una muestra de entre una veintena de productos.* Se basan en la reflectometría de infrarrojos, de manera que sobre el producto (cereales, productos lácteos, harinas, frutas, leguminosas, etc.) se hacen incidir hasta veinte bandas de luz, en la zona del infrarrojo, secuencialmente. La medida de la reflectividad a cada longitud de onda permite identificar los componentes del producto. Es evidente que ello sólo se puede llevar a cabo con la utilización de un microprocesador, habida cuenta del número de medidas y combinaciones posibles.

Finalmente, dentro del capítulo de la infraestructura agraria, no se puede dejar de citar el amplio espectro de aplicaciones que se abre a la utilización de los *computadores*

personales, desde las aplicaciones puramente domésticas, a las de gestión de la pequeña o mediana empresa agraria, la optimización económica de los cultivos, etc. Todo ello abre un amplio mercado para el desarrollo de aplicaciones concretas adaptadas a los problemas que preocupan al agricultor.

Mejora de la rentabilidad agrícola con ayuda de las microondas

En los últimos años se están produciendo interesantes estudios de investigación acerca de las posibilidades de aplicación de las altas frecuencias. Como solución a algunos problemas agrarios: mejora de semillas, control de plagas, análisis de la humedad del suelo, secado de heno y fibras de tabaco, control de mezclas, incineración de rastrojos, estimación de la producción de un recurso por teledetección, aprovechamiento óptimo del agua de regadío, etc. son temas en los que las microondas pueden presentar soluciones alternativas a otros medios convencionales. Entre los científicos que vienen trabajando en España en este campo citaremos al profesor universitario Antonio Elías Fusté (E.T.S.I. Telecomunicación de Barcelona).

Aplicación a la incineración de rastrojos

Aunque resulten ya muy conocidas las aplicaciones de las microondas en procesos industriales y domésticos de calentamiento, secado, descongelación, etc., una aplicación claramente agraria ha empezado a desarrollarse en el CERT de Toulouse, la incineración de rastrojos mediante un aplicador de microondas. Las ventajas del sistema son claras, por un lado la posibilidad de realizar la incineración y el arado en una misma operación (figura 35) (en algunos casos incineración, arado y siembra) y por otra parte, la disminución, prácticamente la ausencia total, del riesgo de incendios que los procedimientos en uso acostumbran a producir. El sistema se basa en calentar los tallos secos segados (rastrojo) mediante un aplicador de microondas.

Aplicación a la mejora de semillas

Se espera que la irradiación de señales de microondas sobre semillas tenga unos efectos de mejora en las mismas,

por una parte en contenido de proteínas, y por otra en una reducción del tiempo de germinación y crecimiento. La mejora lleva consigo un proceso de mutación genética. En la Universidad de Kanpur (India) la irradiación se ha realizado con las semillas ensiladas y actualmente se están realizando pruebas de irradiación sobre campos sembrados y en distintas etapas de crecimiento.

Las reducciones de los tiempos de germinación y mejora del crecimiento tienen interés desde el punto de vista de resistencia a heladas e incremento de cosechas por año.

Aplicación a la esterilización y control de plagas

La pasteurización es una forma de destrucción de microorganismos vegetativos. Evidentemente, la irradiación, de señales de RF, puede destruir por calentamiento microorganismos en sus diversos estados (larvas, esporas, etc.) evitando la adición de compuestos químicos a la materia objeto de dicha esterilización. Existen actualmente en Suecia, plantas de esterilización de trigo en industrias panificadoras en las cuales, la señal de microondas es irradiada sobre la cinta transportadora de la harina y el proceso resulta competitivo económicamente frente a otros medios clásicos. Naturalmente, la aplicación se extiende a industrias alimentarias de platos precocinados, derivados lácteos, etc.

Desde la óptica agraria, quizá la aplicación más interesante sea la posibilidad de desinsectación y de control de plagas. Actualmente se experimenta con la posibilidad de desinsectar por radiación, evitando así los rociamientos químicos de las plantas.

La existencia de efectos teratológicos en las crías de los insectos, está ya bastante estudiada. Una radiación de 20 mW/cm^2 de densidad de potencia y 9 GHz de frecuencia con una exposición de dos horas fue efectuada sobre las crías del «Tenebrio Molitor» y significó un importante aumento de anomalías morfológicas para dichas crías durante su ciclo de crecimiento, ocasionando generalmente la muerte de las mismas.

Una irradiación de dos a tres horas de exposición a 17 GHz y una densidad de potencia de 50 mW/cm^2 no tiene efectos letales para la mosca Drosophila; sin embargo, la fertilidad de la cría del insecto disminuye. Se ha comprobado

que la disminución de la fertilidad de los insectos está fuertemente relacionada con la frecuencia y que la irradiación no debe efectuarse antes de la puesta, pues aumenta el número de huevos de la misma, aunque posteriormente estas crías sean menos fértiles. Todos estos temas están actualmente en estudio, no obstante parece que podrá llegar a discriminarse una frecuencia y una densidad de potencia que sea capaz de controlar por irradiación las poblaciones de insectos.

MEDIOS DE INFORMACION EN EL AMBITO AGRARIO: UN FUTURO INSOSPECHADO

Los nuevos servicios de telecomunicación pueden encontrar útiles aplicaciones a la agricultura, tanto aquellos que utilizan hilos, como los que utilizan la radio para su difusión. Así, el sistema *Teletel* en Francia aporta ya datos a los agricultores sobre precios, informes meteorológicos, demandas de abonos, dietética del ganado, oportunidades en

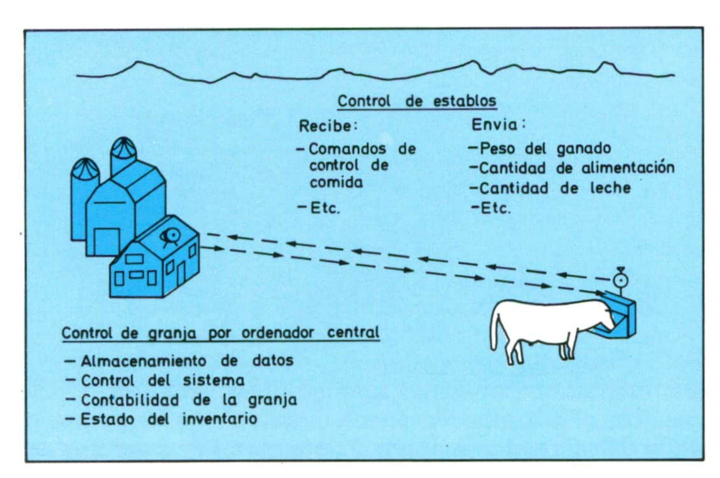
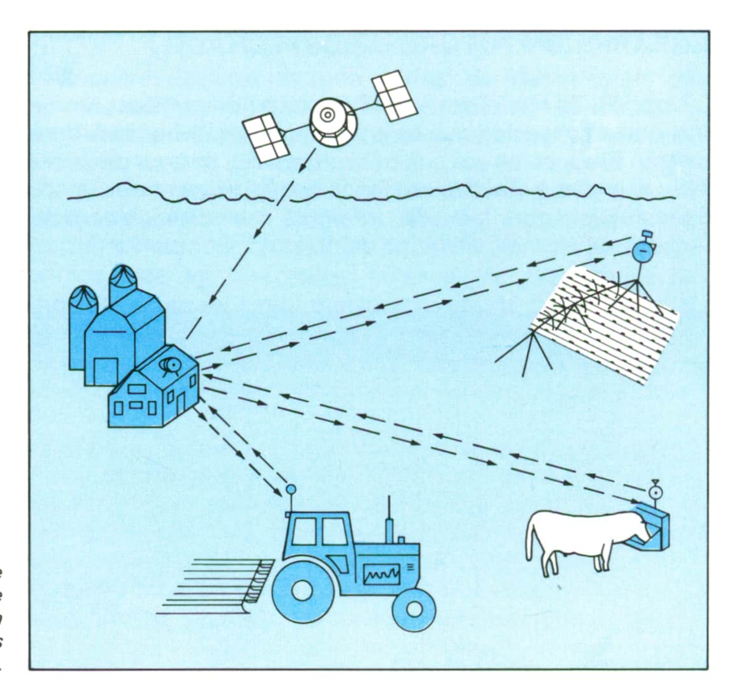


Figura 36. Comunicaciones y control entre la granja central y la zona de establos, basados en aprovechar las posibilidades que brinda un computador.

equipos y maquinaria, tratamientos contra enfermedades y plagas, etc. Algo parecido podría afirmarse, quizás de las posibilidades de sistemas del tipo *Videotex*, (en fase de instalación en España). Siempre y cuando se disponga de

bancos de datos de interés para los agricultores locales. Paralelamente, los futuros *servicios de TV por satélite* pueden aportar interesantes informaciones al agricultor, de la misma forma que actualmente, en algunos países, sobre todo los de gran extensión geográfica, se utiliza la TV normal, en horas de baja audiencia, para programas de educación o de información agrícola. No obstante, es evidente, que la aplicación y utilidad de estos servicios dependen más de voluntades políticas que de condicionamientos técnicos.



Sistema completo de información y control de una granja con interconexión de los subsistemas.

Un sistema computarizado de información y control es un sistema de comunicaciones por radiofrecuencia que convertirá al granjero actual en un director de sistemas de granja proporcionándole información actualizada para una toma de decisiones inteligente y a tiempo. Los edificios lejanos de la granja y los puntos de instalación de los equipos estarán enlazados a través de un sistema interactivo con un control

de tiempo real. Por ejemplo, la figura 36 ilustra la forma en que los establos lejanos serán activados por el ordenador central para que los comedores automáticos alimenten a los animales sin ninguna intervención por parte del propietario de la granja. En este caso, el ordenador central recibiría datos de los sensores lejanos correspondientes al rendimiento de cada animal. Cada uno de éstos será identificado electrónicamente, con lo que podrá medirse tanto su entrada (alimento) como su salida (leche, huevos, etc.). Si el animal no produciese lo normal, podrán tomarse las medidas adecuadas (la respuesta podría ser «hamburguesas» o «pollo frito»).

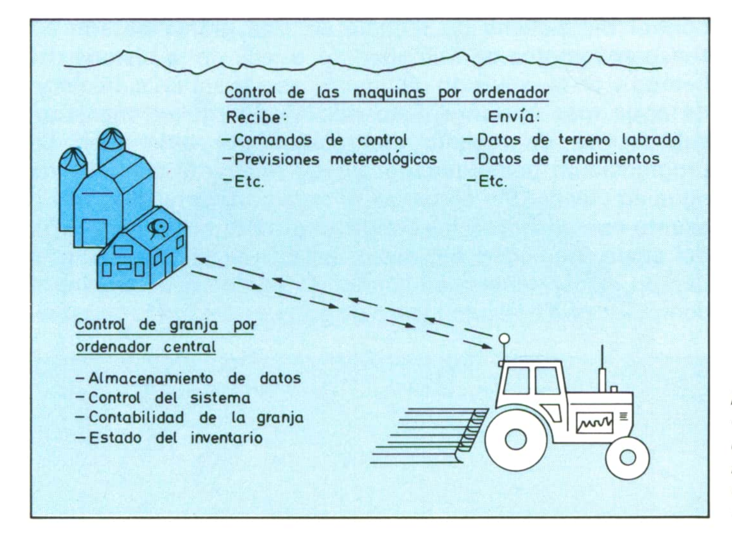


Figura 38. Comunicaciones y control entre la granja central y las máquinas en el campo; este sistema emplea un computador.

El ordenador de la granja también podrá controlar maquinaria lejana guiada automáticamente. Como se ilustra en la figura 38, la maquinaria lejana podría transmitir información y datos al ordenador central sobre el terreno que se ha sembrado, las tasas de fertilizante/insecticida, y el rendimiento de la máquina. Los sistemas de monitorización y control de prestaciones de un tractor y de una cosechadora instalados en la nueva generación de maquinaria agrícola tomarán las acciones correctivas necesarias para evitar

daños debidos a una sobrecarga o un sobreesfuerzo accidentales. Los sistemas vigilarán todas las operaciones del tractor/cosechadora, las relacionará entre sí y hará que las máquinas trabajen en el punto de operatividad más eficiente. Finalmente, un tractor/cosechadora robot reemplazará, en muchos casos, al operador. Será capaz de reaccionar más rápidamente y con más precisión, tendrá unas prestaciones más elevadas y eliminará los períodos de aprendizaje de un operador nuevo.

Quizás el único factor fundamental en la productividad agrícola es el agua. Las Naciones Unidas estiman que la demanda de agua para regadíos será el doble en el año 2.000 respecto a la consumida en 1984. Como referencia, en 1967, el 70 % de la utilización humana del agua era para regadío. El control del sistema de regadío de una granja basado en sensores remotos de humedad del suelo, en la historia del tiempo y en la previsión del tiempo asegurará un suministro de agua más eficiente. Esto podrá conseguirse mediante subsistemas de regadío controlados por ordenador. La programación por ordenador puede reducir la cantidad de agua empleada. Sin embargo, el regadío programado es un asunto complicado, y las condiciones tales como condición del suelo, humedad del suelo, estado de las plantas y el tiempo, deben tenerse en cuenta. Evidentemente, el control computarizado del suministro de agua es del todo deseable.

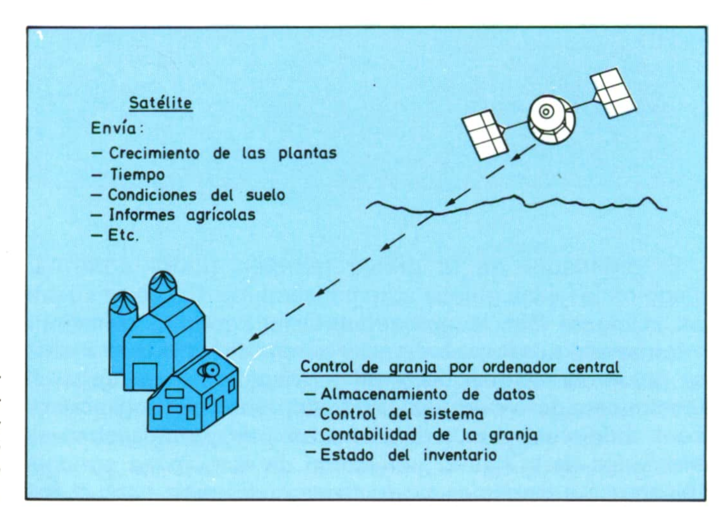
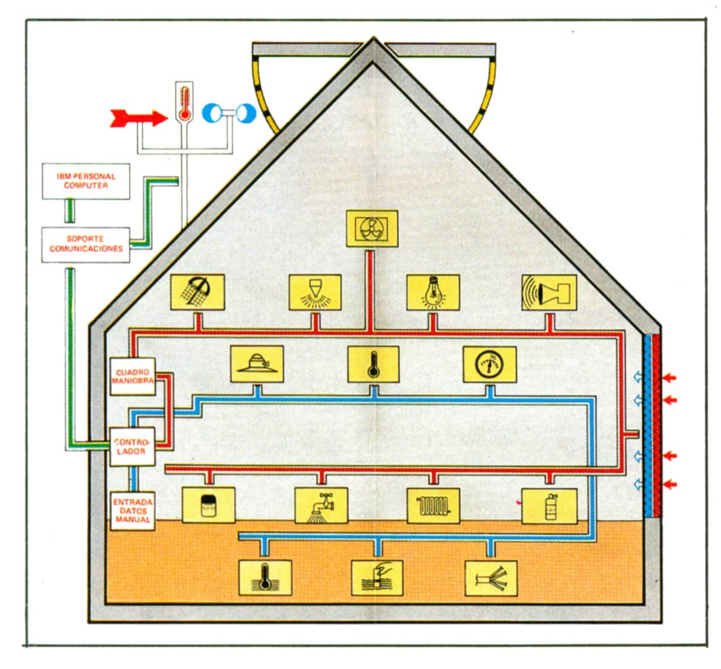


Figura 39. El computador de la granja podrá recibir datos, informes y fotografías de gran utilidad, a través de un satélite geoestacionario.

Como ya dijimos en párrafos anteriores, el granjero actual es uno de los empresarios con mayores riesgos del mundo de los negocios: no tiene control sobre la lluvia, el granizo, los insectos, el Sol y otros elementos de la naturaleza. Tiene un riesgo económico muy importante que puede verse malogrado en un momento por una decisión de cosecha o plantación que podría haber sido modificada si el granjero hubiese dispuesto de los datos adecuados. Un ordenador central de una granja podrá obtener los últimos datos del tiempo a través de un satélite geoestacionario así como fotografías por satélite para seguir de forma más precisa las tendencias del tiempo, el crecimiento de la vegetación y la



Sistema de control de invernaderos con un ordenador personal IBM. Ha sido desarrollado conjuntamente por Danasa (Desarrollo Agrícola de Navarra, S.A.), Centro Científico de IBM y el Gobierno Autónomo de Navarra, a través de la Escuela de Ingeniería Técnica Agrícola de Villalba (Navarra).

humedad del suelo (figura 39). Además, el ordenador podrá recibir los últimos precios de mercado de la cosecha e informes agrícolas regionales, imprimiéndolos para que el granjero disponga de la posibilidad de una explotación más inteligente de las plantaciones, etc.

La información sobre la gestión de una granja incluirá las tareas rutinarias, pero necesarias, como contabilidad, inventario de combustibles, lubricantes, alimentos para animales, insecticidas, etc. El granjero dispondrá de análisis de costes de las operaciones de rociado, abonado y labranza para asegurar la explotación más eficiente y rentable de la granja.

LA ELECTRONICA Y LA INFORMATICA EN LA GANADERIA

Aunque ya acabamos de ver datos relativos al uso de la Informática y las Telecomunicaciones para la gestión y control de granjas, analizaremos aquí otras aplicaciones con mayor detalle.

1) Sistemas de control de la alimentación y producción del ganado.
2) Sistemas de gestión informatizada de una granja.

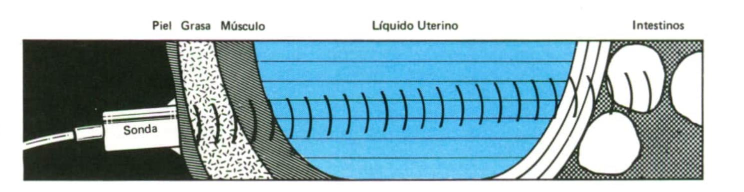


Figura 41. Forma de colocar la sonda y actuación del ecógrafo para realizar un diagnóstico precoz de la gestación porcina.

Control de la inseminación del ganado

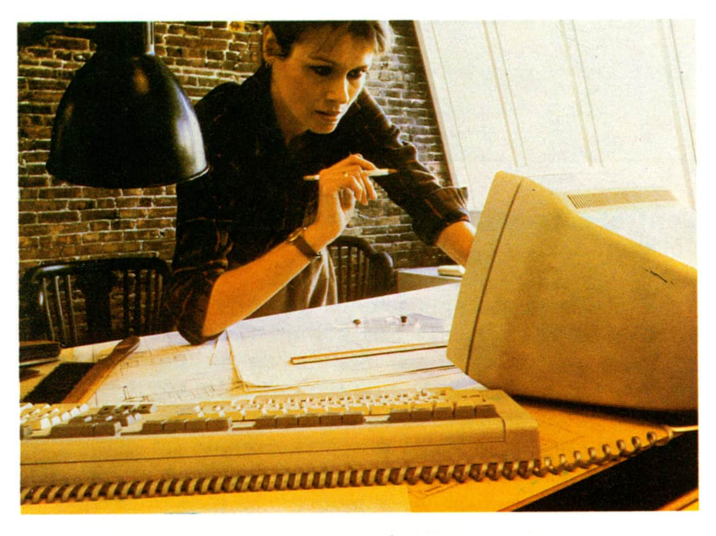
A fin de asegurar, en lo posible, los resultados, bien de la inseminación artificial o natural, es importante determinar los días óptimos dentro del ciclo menstrual, por ejemplo, de las vacas. Para ello se dispone de medidores de impedancia eléctrica vaginal, a frecuencias bajas, del orden de 200 a 300 Hz, que detectan disminuciones de la impedancia del orden del 40 % en los días previos a la ovulación, según Schams (1977).

Para controlar el resultado de la inseminación se dispone de sistemas de ultrasonidos que, bien por método Doppler o por ecografía, detectan la preñez de forma precoz en cerdos, vacas u ovejas, haciendo uso de sondas epidérmicas o rectales. No obstante, los sistemas Doppler son de más difícil

interpretación que los basados en ecografía, por lo que éstos parecen alzarse con el favor de los ganaderos.

También se dispone de avisadores de la inminencia del parto en vacas por medio de sistemas de telemetría, que detectan la rotura de las membranas previa al parto.

Para determinar la preñez se evalúa la posición y el tamaño del útero del animal gestante, haciendo incidir desde el exterior un pulso de ultrasonidos que se propagará en forma de estrecho haz hacia el interior del animal. En cada una de las distintas discontinuidades del medio en que se propaga (es decir, las transiciones entre piel, grasa, músculo..., útero, líquido amniótico, etc. se producirá una reflexión parcial de la energía incidente siendo devuelta al transductor en forma de eco (figura 41). Es interesante hacer notar que por la naturaleza de los distintos medios que nos ocupan, sólo se producen reflexiones parciales relativamente débiles en la mayor parte de las ocasiones (sólo se producen reflexiones casi totales ante la presencia de gases intestinales), con lo que el ultrasonido sigue viajando, proporcionándonos sucesivos ecos en las discontinuidades que encuentre más adelante.



Las grandes instalaciones agropecuarias precisan ya de los medios informáticos más modernos, con el fin de aumentar la producción, controlar la calidad de los productos y agilizar la gestión empresarial.

Los ecos devueltos al transductor o sonda, pueden ser caracterizados por su intensidad, retardo y forma.

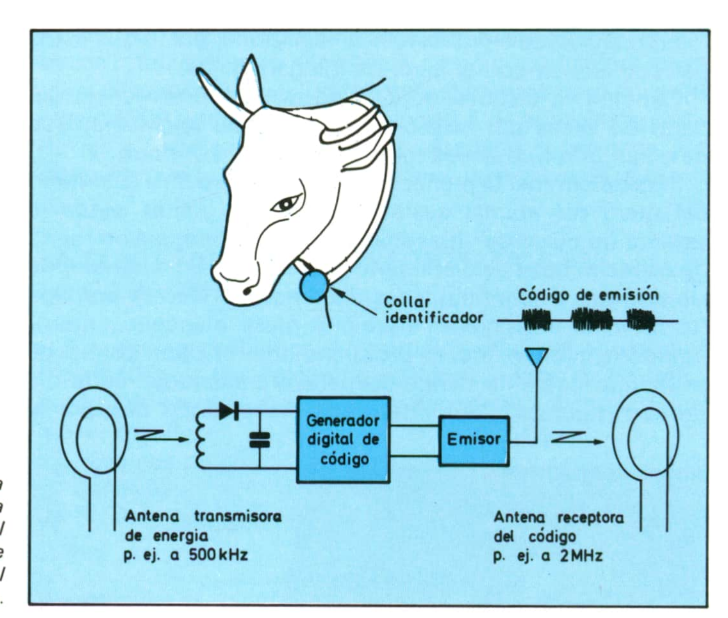


Figura 43. Collar para la identificación electrónica de vacas y detalle del principio de funcionamiento del sistema.

Control automático de la alimentación y producción del ganado

Sin embargo, las aplicaciones que más desarrollo están alcanzando son aquellas que permiten *individualizar a los animales*, a fin de llevar cuenta de su productividad, enfermedades, necesidades de alimentación, etc. A tal fin se dispone de collares que se colocan en las vacas incorporando un circuito que emite automáticamente un código de identificación del animal. Ello se realiza tal como se indica en la figura 43. Al pasar el animal hacia el comedero, una antena en forma de cuadro emite energía continua, por ejemplo a 500 kHz. Esta energía es recibida por el dispositivo electrónico del collar que la detecta, sirviendo para cargar un condensador. Durante el tiempo que se mantiene la carga del condensador, un pequeño circuito digital, de bajo consumo, genera un código único para el animal, que se transmite a una frecuencia distinta de la de alimentación, por ejemplo a algunos megahercios. Las ventajas que comporta el identificar el animal son enormes, ya que se puede individualizar su tratamiento.

